

Fugen-Gefüge und Teilbewegung eines Kristallinen Schiefers mit Granat- und Glimmerholoblasten

(Untere Schieferhülle der Tauern)

Von Irmgard Knopf, Bonn

Mit 40 Diagrammen (S. 2..—2..) und 4 Abbildungen (Tafel VIII u. IX).

Im Anschluß an die Untersuchung von Quarzgefügen, wie sie in der Gefügekunde der Gesteine von B. Sander¹⁾ beschrieben worden sind, ist das Ergebnis der vorliegenden Arbeit ein Beitrag zur Kenntnis der Abbildung des letzten Aktes in der Beanspruchung eines Kristallinen Schiefers, wie sie durch mechanische Fugen der Körner und durch rotierte Körner ablesbar wird. Zu der Beschreibung dieses feinsten Fugengefüges von Gesteinen wurde ein kristalliner Paraschiefer aus der Tauernhülle gewählt, ein B-Tektonit mit einmeßbarem Fugengefüge innerhalb und außerhalb von neugebildetem Granat und Glimmer, bestehend aus mechanischen Reiß- und Scherfugen und aus opazitisch markierten, ursprünglich sedimentären s-Flächen ebenfalls innerhalb der Holoblasten als si und außerhalb also im Grundgefüge als se, somit ist die Bewegung der Holoblasten im Grundgefüge kontrollierbar. Die Formung der Holoblasten ist parakristallin und nachkristallin symmetriekonstant, wie es die Fugen in Biotit, Chlorit und Granat zum Ausdruck bringen.

Die Arbeit wurde in den Kriegsjahren 1944/45 im Mineralogisch-Petrographischen Institut, Innsbruck, durchgeführt, konnte aber aus drucktechnischen Schwierigkeiten bis jetzt nicht veröffentlicht werden. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. B. Sander, danke ich herzlich für die Leitung und das Interesse an meiner Arbeit, sowie für die Zurverfügungstellung des untersuchten Materials und die Einführung in die gefügekundlichen Arbeitsmethoden.

Allgemeines

Das vorliegende Gestein ist ein karbonatfreier Granat-Biotit-Chlorit-Schiefer zwischen Tuxer- und Zillertaler-Tauerngneisen. Fundort: Hauptental.

Makroskopisch läßt das Handstück neben der dunkelgrauen Grundmasse nur Biotit und kleine Granaten erkennen. Deutlich sichtbar sind aber die Gefügekoordinaten a, b und c, wie sie von B. Sander in der Gefügekunde eingeführt wurden. b ist durch die Richtung der Feinfältelungsachsen, s durch die Lage der

¹⁾ Springer 1930. Vgl. bes. Sachverzeichnis: Glimmer S. 207, Querglimmer, Fugen und Rupturen S. 91, abc Fugen S. 190, Kornzerscherung S. 193.

Biotite mit (001) im Gestein gegeben und auf Grund der Biotitmessung statistisch für dieses Gestein festgelegt worden; c des Gesteins ist das Lot auf s ; nicht so deutlich wie b und s , aber durchaus wahrnehmbar ist die Klüftung des Gesteins senkrecht b und s , also in (ac) des Gesteins, womit a senkrecht b und c als dritte Koordinate gegeben ist. Dieser frei sichtbaren Orientierung entsprechen die Schnitte der Dünnschliffe in den folgenden Richtungen: 1. a Schliff normal a und normal s . 2. b Schliff normal b und normal s . 3. c Schliff parallel s . Von diesen 3 Schliffrichtungen wurden je zwei a Schliffe und je zwei b Schliffe eingemessen.

Mikroskopisch ist die Grundmasse des Gesteins als ein feines Quarz-Feldspat-Gefüge mit schichtmäßiger Einlagerung einer feinen opazitischen Substanz — es handelt sich um feinsten Magnetitstaub — bestimmt worden. Granat, Biotit, Chlorit und Magnetit treten als Holoblasten im Gestein auf, wobei die opazitische Substanz in den Granatholoblasten oft eine veränderte Lage zeigt und das primäre s meist verschwindet, während die Glimmerholoblasten die opazitische Substanz durchwegs unverändert in ihrer schichtmäßigen Lage aufgenommen haben. Dieser Umstand ermöglicht es, eine meßbare Kontrolle der intergranularen Teilbewegung der Glimmerholoblasten durchzuführen. Außer den bisher angeführten Mineralen kommen Apatit und Zirkon als Einschlüsse und Sagenit als Entmischung von Rutil in Biotit vor.

Von den a und b Schlifften wurden vor ihrer Einmessung im Universaldrehtisch genaue Zeichnungen angefertigt, und bei den einzelnen Messungen das jeweilige Korn in der Abbildung und das zugehörige Meßdatum im Punktdiagramm mit der gleichen Zahl versehen und fortlaufend numeriert, um so einen Überblick über die Lage der Körner im Diagramm und im Schlibfbild zu erhalten.

Eingemessen wurden getrennt im a und b Schliff: 1. alle ebenen Risse in Granaten ohne Auslese unter denen im Schliff sichtbaren. 2. Biotitachsen. 3. Chloritachsen. 4. Opazitflächen im Biotit (si der Gefügekunde!). 5. Opazitflächen im Chlorit (si). 6. Opazitflächen im Grundgefüge (se der Gefügekunde!). 7. Fugen im Biotit. 8. Fugen im Chlorit. Insgesamt wurden rund 2600 direkte Messungen am U-Tisch durchgeführt. Alle Daten der Einmessungen von Rissen im Granat, Biotit- und Chloritachsen, deren Körner sichtbare Spaltbarkeit zeigen, Opazit si und se wurden durch Einvisieren der jeweiligen Spaltflächen, bzw. Opazitlagen erreicht, deren Lote auf Oleaten eingetragen wurden. Bei Biotit und Chlorit ohne sichtbare Spaltbarkeit, die also mit (001) parallel oder fast parallel der Schlibfebene liegen, wurde die optische Achse eingemessen und auf der Oleate eingetragen. Die Auswertung aller Diagramme wurde mit einem auf die auszuzählende Fläche bezogenen einprozentigen Auszählkreis durchgeführt.

Kennzeichnung der Gefügekörner

Das Grundgefüge ist wie bereits erwähnt ein Quarz-Feldspatgefüge, dessen einzelne Körner so klein sind, daß eine konoskopische Unterscheidung und genauere Bestimmung des Feldspates — es handelt sich jedenfalls um Kalifeldspat —

sowie eine Aussage über die prozentuale Verteilung von Quarz und Feldspat im Gestein nicht möglich ist.

Die Einmessungen der schichtmäßigen Einlagerung der opazitischen Substanz im Grundgefüge — im folgenden immer als *se* bezeichnet — ergaben für den *a* Schliff (D 9) eine Lage der Spur von *se* parallel zu *s* mit einer stärkeren Nutation um *b* als um *a*. Im *b* Schliff (D 10) liegt die Spur von *se* nicht parallel *s*, sondern bildet mit (*ab*) des Gefüges einen Winkel von 6° , ein Zeichen für die leichtere *b*-achsiale Verformung des Grundgefüges zum Unterschied vom Biotit. *se* zeigt im *a* Schliff in seiner Lage parallel *s* eine Störung ausschließlich in der Umgebung der Holo-*blasten*, während im *b* Schliff das *se* gefältelt ist mit schichtweiser starker Anreicherung des Opazits. Mit dieser Anreicherung von *se* geht eine Änderung der Größe der Grundgefügekörner konform. Je dichter die Opazitschichten liegen, desto kleiner wird die durchschnittliche Größe der Quarz- und Feldspatkörner. Bei gekr. Nic. lassen die Kornquerschnitte des Grundgefüges im ganzen Schliff deutlich eine Regelung nach der Korngestalt parallel *s* erkennen, und zwar ist die Längung der Körner im *a* Schliff stärker als im *b* Schliff.

Die Granatholoblasten sind in dem Gestein in regelmäßigen Rhombendodekaedern ausgebildet. Die Körner sind scharf gradlinig begrenzt, meist von sechsseitigem, auch von vierseitigem Querschnitt mit einem mittleren Durchmesser von 0,88 mm. Die Opazitlagen sind, wie eingangs erwähnt, vom Granat meist nicht in der gleichen schichtmäßigen Anordnung aufgenommen worden, wie sie das Grundgefüge durchziehen. Sie bilden im Granat kein einheitliches *si*, sondern noch eine andere zu kennzeichnende Anordnung (*ri* der Gefügekunde!), wobei opazitische Anwachskegel von opazitischer Zonarstruktur zu unterscheiden sind. Die Anwachskegel zeigen teils eine regelmäßige Opazitanreicherung ohne jegliche erkennbare Richtung, teils eine schichtmäßige Lagerung *si* entsprechend dem *se* im Grundgefüge. Dieses *si* verläuft senkrecht zu den Kegelachsen, diese stehen aber wiederum nicht senkrecht zu *se*. Die Kegelachsen und das *si* im Granat sind so mangelhaft ausgebildet, daß ein statistisch erfaßbarer Vergleich über den Grad der Bewegung der Granaten nicht möglich ist. Deutlich jedoch ist die Abweichung der Kegelachsen, die ursprünglich parallel *c* des Gesteins verlaufen sind, und zwar im *b* Schliff in der Ebene (*ac*) stärker als im *a* Schliff in der Ebene (*bc*), wobei es sich, wie die ebenen Opazitlagen im Granat zeigen, um eine Rotation fertiger Körner handelt. Neben diesem Opazit *si* enthalten die Granaten kleinste Grundgefügekörner als Volleinschlüsse, außerdem Magnetit und Biotit als Voll- oder Teileinschlüsse. Die Mineralkörner des Grundgefüges im Granat — es handelt sich wahrscheinlich um Quarz — lassen im *a* Schliff, soweit sie überhaupt vorhanden sind, außer in einem Korn keine Regelung nach der Korngestalt erkennen; im *b* Schliff zeigen die Einschlüsse eine Regelung (nicht sehr deutlich) nach der Korngestalt. Einige dieser Granaten mit nach Kornform geregelten Einschlüssen weisen Einschlußwirbel auf. Ein Zeichen für Rotation einzelner Granaten während des Wachstums, dieser entsprechen Gleitungen in *s* in Richtung *a*. Bemerkenswert ist noch die Häufung

der Korneinschlüsse im Innern der Granaten, die von einer völlig einschlußfreien Zone umgeben wird, sowie die radialstrahlige Lage kleiner Grundgefügeeingeschlüsse und Opazitanreicherung in Richtung der Kristallkanten.

Biotit- und Chloritholoblasten zeigen in ihrer Korngestalt eine tafelige Ausbildung, wobei Biotite und Chlorite, die mit (001) parallel oder subparallel s liegen, weitaus tafeliger sind als die quer zu s stehenden. Hierbei unterscheiden sich die Chlorite in ihrer Kornform von den Biotiten deutlich. Der Durchmesser normal zur kristallographischen c Achse ist bei Querchloriten größer als bei Querbiotiten gleicher Lage, ihre Gestalt also noch ausgesprochen tafeliger als die der Biotite. Biotite und Chlorite, die mit ihren Endflächen in (bc) oder (ac) des Gesteines liegen, haben selten isometrische, meist nach s gestreckte Kornformen ohne kristallographische Begrenzung. Biotite und Chlorite, die mit ihren Endflächen in (ab) des Gefüges, also parallel s liegen, sind ebenfalls unregelmäßig begrenzt und zeigen eine Vorzugsrichtung in der Kornlänge nach b . Es besteht also ein Unterschied in der Gefügetracht der Biotite und Chlorite, je nachdem sie mit (001) parallel s oder irgendwie quer zu s stehen. Ob dieser Unterschied Fall 1 auf verschiedenes Wachstum in verschiedener Lage gegenüber den Gesteinskoordinaten oder Fall 2 auf Deformation fertiger Körner zurückzuführen ist, ist die erste daran anzuknüpfende Frage. Im Fall 1 ergibt sich die Frage, ob für dieses verschiedene Kornwachstum die verschiedene Wegsamkeit des Gesteines, oder eine mechanische Beeinflussung der Kristallisation und im Sonderfalle des Riecke'schen Prinzips in seiner Becke'schen Form — Schwinden der Kristalle in Richtung normal s , Wachsen der Kristalle parallel s — heranzuziehen sei. Fall 2, die nachkristalline Deformation ist nachweislich durch sichtbare Translation nach (001), Ribbildung, gefalteter Biotit, jedoch die Frage, ob diese nachkristalline Deformation Einfluß auf die Kornform hat, ist nicht beantwortbar. Inwieweit also Fall 1 und inwieweit Fall 2 bei dem vorliegenden Gestein in Betracht zu ziehen ist, ist nicht zu entscheiden.

Biotite und Chlorite haben die opazitische Substanz weitgehendst in der gleichen schichtmäßigen Anordnung des Grundgefüges aufgenommen. Einzelne Körner zeigen eine breitere Streifung von opazitfreien und besonders opazitreichen Zonen parallel s , wobei diese angereicherten Opazitonen in sich deutlich die si Richtung zeigen. Daß es sich bei dieser Streifung nicht um eine schon im Grundgefüge vorhandene Streifung von se handelt, zeigen starke Opazitsäume an den Korngrenzen vereinzelter Biotite, die sich nur auf das einzelne Korn beschränken und keine Fortsetzung im angrenzenden Grundgefüge erfahren (Abb. 1). Eine bevorzugte kristallographische Richtung, in der die Biotite diese Opazitstreifung zeigen, konnte nicht festgestellt werden. Sie ist noch von einer anderen Opazitstreifung zu trennen, die die Holoblasten sowohl Biotit als Chlorit und das angrenzende Grundgefüge durchzieht. Diese Anreicherung der opazitischen Substanz parallel s entstand vor der Biotit- und Chloritbildung und wurde durch diese eingeschlossen.

Außer diesem oben beschriebenen si zeigen Biotite und Chlorite verschiedene Einschlüsse von Grundgefügekörnern, also Quarz und Feldspat, ferner Apatit,

Magnetit, und nur im Biotit Zirkon. Die Einschlüsse liegen ohne wahrnehmbare Regelung in Glimmer.

Bei Querbiotiten — quer s — wurde vereinzelt Zwillingslamellierung beobachtet, die sich von einer Reißbildung mit homoachser Biotitverheilung durch den ungestörten Verlauf der opazitischen Substanz unterscheidet.

Chloritisierung in schmalen Streifen parallel der Spaltrisse zeigen Biotite aller Lagen.

Die Magnetitholoblasten zeigen teils scharf gradlinige, meist aber unregelmäßig korrodierte Begrenzung von rechteckigen bis ovalen Kornquerschnitten. Die Magnetitkörner liegen im a Schriff mit ihrem größten Korndurchmesser parallel s , im b Schriff sind sie tautozonal um b gelagert. Das Interngefüge des Magnetits sind nach der Korngestalt geregelte Grundgefügekörner, die von Magnetit umwachsen sind. Die größten Durchmesser der Magnetitkörner fallen mit den größten Durchmessern der si Körner im a Schriff zusammen. Im b Schriff ist dieses Interngefüge nur zum Teil nach der Kornform geregelt. Die größten Korndurchmesser fallen aber nicht wie im a Schriff mit denen der Magnetitkörner zusammen, und nicht mit s des Gesteins. Der a Schriff läßt auf Grund der Lage der Magnetitkörner mit ihren längsten Korndurchmesser parallel s erkennen, daß die Magnetitkeime fein geschichtet in s gelegen haben, während im b Schriff die von s abweichende Lage der längsten Magnetitkorndurchmessern eine b -achsiale Beanspruchung des Gesteines vor der Magnetitbildung erkennen lassen. Das zum Teil geregelte si (bestehend aus nach Kornform geregelter Grundgefügekörner) in Magnetitkörnern des b Schriffes verläuft nicht mehr parallel s und läßt somit eine b -achsiale Beanspruchung nach der Magnetitbildung vermuten.

Kennzeichnung des Gefüges

Nebeneinanderstellung der Fugen in den mechanisch isotropen Granatholoblasten und der Fugen in den mechanisch stark anisotropen Biotit- und Chloritholoblasten sowie der Fugen im Grundgefüge.

Die Fugen kommen in dem untersuchten Gestein in sehr verschiedener Weise zu Wort. Rein statistisch betrachtet zeichnen sich die Granatrisse durch ihre Häufigkeit aus. In den beiden a Schriffen wurden zusammen 341, in den beiden b Schriffen zusammen 283 Granatrisse eingemessen, während nur 19 Biotit- und 25 Chloritrisse in den gleichen a Schriffen und 9 Biotit- und 19 Chloritrisse in den b Schriffen eingemessen werden konnten. Somit ist es statistisch nicht möglich eine gleichmäßig zu bewertende Gegenüberstellung der Diagramme durchzuführen.

Die Risse der Granaten sind Rupturen und ihre Bildung erfolgte nicht genau symmetrisch zu den abc Koordinaten des Gefüges. Die (ac) Zugrisse überwiegen zahlenmäßig gegenüber den $(h0l)$ und $(0kl)$ Scherrissen. Der umschließende Druck ist während der Reißbildung so hoch gewesen, daß eine wirkliche Trennung der zerrissenen Kornteile nicht erfolgte. Die Risse durchsetzen das Korn meist nicht von dem einen Kornrand zum gegenüberliegenden, sondern sie verlaufen sich im

Korninneren. Rißfüllungen konnten bis auf ganz vereinzelte mit Quarz und Feldspat ausgefüllte Risse nicht erfolgen.

Den Schwerpunkt des Rißdiagrammes im a Schliß (D 11) bilden die (ac) Zugrisse mit einem Maximum der Lote über 9% Besetzungsdichte. Die Spur der (ac) Zugrisse verläuft vom NW in den SE Sektor und bildet mit b einen Winkel von 80°. Die (okl) Scherrisse sind ebenfalls nicht ganz symmetrisch in s gestreut.

Im b Schliß (D 12) zeigen die Lote der (h0l) Scherrisse einen fast geschlossenen Gürtel von 2% Besetzungsdichte und sechs symmetrisch zueinander und fast symmetrisch zu den abc Koordinaten des Gefüges liegende Maxima, deren Hauptmaximum (8%) von c des Gesteins 30° in den NE Sektor abweicht, bzw. (7%) von c des Gesteins 15° in den NW Sektor abweicht. Die Spur der (h0l) Scherrisse kreuzen also s in einem Winkel von 30°, bzw. 15°.

Wichtig bleibt bei der Betrachtung der Diagramme festzustellen, daß die verschiedene Rißbildung im Granat zwar keine genau übereinstimmende Symmetriebeziehung zu den Gefügekoordinaten erkennen läßt, man aber doch von einer annähernd rhombischen Symmetrie der Risse im Granat bezogen auf die eingangs angesetzten Gefügekoordinaten sprechen kann.

Wesentlich verwickelter sind die Verhältnisse der Rißbildung beim Biotit und Chlorit, obwohl zahlenmäßig die Risse weitaus geringer als beim Granat auftreten.

Im Biotit und Chlorit werden die Risse durch das Fehlen der opazitschen Substanz sichtbar. Abb. 3 läßt das sehr gut erkennen. Bei diesen Rissen handelt es sich nicht wie beim Granat um schmale unausgefüllte Risse, sondern um breite Risse, die teils sowohl den Biotit als auch das Grundgefüge durchsetzen, teils sich auf den Biotit und Chlorit beschränken. Der neugebildete Biotit zeigt die gleiche optische Orientierung wie der angrenzende zerrissene Biotit. Die opazitfreien Stellen im Grundgefüge sind grobkörnige Quarze und Feldspäte. Ob es sich bei dem in Abb. 3 gezeigten Biotit wirklich um einen zerrissenen Biotit handelt oder um zwei Risse im Grundgefüge, die durch die spätere Bildung des Biotits nur abgebildet worden sind, ist eine Frage, die unbeantwortet bleiben muß. Jedenfalls darf die zweite Möglichkeit nicht außer acht gelassen werden. Abb. 4 zeigt ebenfalls einen nicht eindeutig erklärbaren Deformationsvorgang an einem Biotit mit Spuren von Rißbildung. Der senkrecht durch das Bild laufende Riß ist durch spätere Translation des Glimmers nach (001) etwas gestört worden. Der zweite von rechts bis zur vertikalen Fuge verlaufende Riß erfährt keine Fortsetzung über diesen hinaus, der nach links anschließende Streifen opazithältigen feinkörnigen Grundgefüges sowie der am linken Bildrand noch eben sichtbare Biotitstreifen, der mit dem großen Biotitkorn zusammenhängt, zeigt keinerlei Anzeichen von Rißbildung. Neben diesen Fällen von Fugenbildung weisen Biotite, die mit (001) in s liegen eindeutige mehr oder weniger breite aber immer homooachs mit dem fugentragenden Mineral verheilte Risse auf. Biotite die mit (001) quer zu s liegen sind ebenfalls zerrissen, aber die Fugen sind entweder mit neugebildetem, opazitfreiem, grobkörnigen Quarz und Feldspat ausgefüllt (Abb. 2) oder mit Biotit (Abb. 1). Hier sind aber die Abstände der zerris-

senen Kornteile sehr gering. Chlorite mit (001) in s liegend sind sehr selten zerrissen, die Fugen sind schmal und so wie beim Biotit homoachs mit opazitfreiem Chlorit ausgefüllt. Chlorite, die mit (001) quer zu s stehen, zeigen so wie der Biotit Fugenfüllung bei schmalen Rissen mit Chlorit bei breiten mit neugebildetem Grundgefüge.

Die Diagramme der Fugen im Biotit und Chlorit (D 13, D 14, D 15, D 16) ergeben eine Lage der Risse in der Zone der c Achse des Gefüges. Die etwas stärkere Abweichung der Chloritrisse von dieser Richtung — im a Schliiff (D 15) stärker als im b Schliiff (D 16) entspricht einer stärkeren Plättung und Scherung der Körner nach s, wie es auch die Kontrolle der Bewegung der Holoblasten für Chlorit zeigt. Der Vergleich der sechs Rißdiagramme (D 11—D 16) läßt trotz der statistischen Ungleichwertigkeit die Unabhängigkeit der Risse von kristallographischen Daten in mechanisch isotropen Bereichen gegenüber den mechanisch anisotropen Bereichen erkennen.

Symmetriebetrachtungen lassen die Glimmerdiagramme auf Grund ihrer niedrigen Polzahl nicht zu.

Übersicht der Bewegung der Holoblasten

Bewegungen sind bei allen Holoblasten festgestellt worden, konnten aber nur bei Biotit und Chlorit genauer kontrolliert werden. Dazu wurden die Opazitlagen der Biotite und Chlorite s_i und s_e in dem angrenzenden Grundgefüge eingemessen, wobei Biotit und Chlorit getrennt behandelt wurden. Auf jedes Glimmerkorn entfallen also zwei Messungen, ein Wert für s_i und einer für s_e . Die Lote dieser Flächen wurden auf einer Oleate eingetragen, die zusammengehörigen Lote auf ihren gemeinsamen Großkreis gebracht, und die Lote dieser Großkreise in ein Diagramm eingezeichnet, im folgenden mit L bezeichnet. Es ergab sich dann für Biotit (D 17, D 18) und für Chlorit (D 19, D 20) ein Gürtel in (ab) mit verschiedenen Häufungen. L der Biotite bildet im a Schliiff und im b Schliiff stark besetzte periphere Maxima (16%) fast in (ab). Sie entsprechen also im a Schliiff einer Nutation um b, im b Schliiff einer um a. Im a Schliiff (D 17) ist keine Häufung der Lote um a festzustellen, während im b Schliiff (D 18) zwei kleine Maxima (5—6%) eine Nutation um b andeuten. Hierbei und bei den folgenden Chloritmessungen ist zu berücksichtigen, daß im a Schliiff die Bewegung um b, im b Schliiff diejenige um a oft Werte aufweisen, die unter der Meßgenauigkeit liegen. Also darf der statistisch so stark hervortretende Unterschied zwischen den peripher und zentralgelegenen Maxima nicht zu streng bewertet werden. L der Chlorite zeigt ebenfalls periphere Hauptmaxima und zentraler gelegene Nebenmaxima. Im a Schliiff (D 19) liegt das Hauptmaximum (13—14%) in der Ebene (ab) und 3 Nebenmaxima (bis 10%) um a. Es entsprechen auch hier wie beim Biotit die peripheren Maxima einer Nutation um b, die zentraler gelegenen einer um a. Im b Schliiff (D 20) liegt das Hauptmaximum (12%) 10^0 von a abweichend in (ac) im NW-Sektor. Die zentraler gelegenen Nebenmaxima L der Chlorite sind nicht nur in ihrer Besetzungsdichte, sondern auch in ihren Flächenmaßen größer als die Nebenmaxima L der Biotite. Es ergibt sich also für Chlorit

eine nachweisbare stärkere Bewegung als für Biotit, die den Scher- und besonders den Plättungsvorgängen in *s* zuzuschreiben ist, die in den Diagrammen (D 19, D 20) deutlich ablesbar sind.

Eine weitere Untersuchung über das Ausmaß der Bewegung der Holoblasten wurde mit Hilfe der wahren Winkel $\sin \alpha : \sin \beta$ durchgeführt. Für jedes der 4 Diagramme L der Lote der Großkreise $\sin \alpha : \sin \beta$ — Biotite im a Schriff (D 17) und b Schriff (D 18) und Chlorite im a (D 19) und b Schriff (D 20) — wurden die Winkelwerte gemittelt und die Lote der Großkreise nach der Größe ihrer zugehörigen Winkel getrennt in solche über dem mittleren Winkelwert im folgenden als Lg bezeichnet und in solche unter dem mittleren Winkelwert weiterhin mit Lk bezeichnet. Die Diagramme ergeben dabei folgendes: in (D 21, D 22) ist beim Biotit nur ein geringer Unterschied zwischen Lg und Lk festzustellen, und zwar zeigt das Diagramm Lg (D 21) eine etwas stärkere Häufung um a entsprechend einer Bewegung um a, die im Diagramm Lk (D 22) fehlt. Im b Schriff unterscheiden sich die Diagramme Lg (D 23) und Lk (D 24) deutlich voneinander. Die Hauptmaxima liegen peripher in, bzw. fast in (ab). Während das Diagramm Lk nur eine geringe Streuung der Lote in (ab) nach b zeigt, weist das Diagramm Lg zwei deutliche Maxima auf; das eine fast in b (7—8%), das andere mit gleicher Besetzungsdichte etwa 30° von b in (ab) nach W abweichend. Sowohl beim a Schriff als auch beim b Schriff fallen nur Bewegungen über den mittleren Winkelwert um die Achse normal zur Schriffebene. Für Chlorit wird der Unterschied zwischen Lg und Lk noch viel deutlicher sichtbar. Im a Schriff bildet Lk (D 26) wieder ein peripheres Hauptmaximum mit einer gewissen Streuung in (ab) nach b, während das Diagramm Lg (D 25) zwei zentraler gelegene Hauptmaxima um a (16%, bzw. 12%) zeigt und nur geringe Häufungen parallel b. Im b Schriff ist Lk (D 28) in der Ebene (ab) stark gestreut und bildet einen geschlossenen Gürtel um c des Gesteins. Das Hauptmaximum (14%) liegt peripher um a, fast in (ab), während das Diagramm Lg (D 27) die stärkste Besetzung fast in b zeigt (14%) gegenüber den Maxima (8—10%) um a.

Vergleicht man nun die Diagramme Lg und Lk mit den entsprechenden Diagrammen L und diese wiederum mit den Diagrammen der zu L gehörenden Achsen, getrennt nach Haupt- und Nebenmaxima, so kann man folgendes sagen: Biotite im a Schriff (D 17, D 21, D 22, D 29, D 30). Die Hauptbewegung fand in b statt, und zwar wie das Diagramm der Biotitachsen, die in L in ein Hauptmaximum fallen, zeigt, wurden dabei Körner erfaßt, deren Mehrzahl in *s* liegen, und Körner, die eine Andeutung eines Gürtels in (ab) zeigen (D 29). Die zu den beiden Nebenmaxima (D 21) Lg gehörenden Kornachsen zeigen keine Vorzugsrichtung (D 30). Biotite im b Schriff (D 18, D 23, D 24, D 31, D 32). Auch die Biotite im b Schriff zeigen keinen Unterschied ihrer Lage je nachdem sie in L in ein Haupt- oder Nebenmaximum fallen (D 31, D 32); d. h. von der Deformation des Gesteines wurden Biotitkörner aller Lagen, und zwar ohne Vorzugsrichtung verschieden stark erfaßt. Chlorite im a Schriff (D 19, D 25, D 26, D 33, D 34). Das Diagramm Lg (D 25) zeigt zwei Haupt- und ein Nebenmaximum. Diese Maxima stimmen mit den Nebenmaxima des

Diagramms L überein (D 19). Die zu diesen Nebenmaxima gehörenden Chloritachsen zeigen im Diagramm (D 34) vier Maxima bis 10% in (bc), die aber mit keinem der Hauptgefügekoordinaten zusammenfallen. Das Hauptmaximum Lk (D 26) entspricht demjenigen in L (D 19) und die zugehörigen Achsen liegen mit starker Streuung parallel c und als angedeuteter Gürtel in (ab) (D 33). Chlorite im b Schlift (D 20, D 27, D 28, D 35, D 36). Das Diagramm Lg (D 27) zeigt die stärkere Nutation um b. Die Maxima entsprechen etwa den Nebenmaxima in L (D 20) und die dazugehörigen Achsen bilden einen fast geschlossenen Gürtel um b mit einem deutlichen Maximum von a 18° abweichend in (ac) im NE-Sektor (D 36). Die Achsen, die auf das Hauptmaximum L (D 20) entfallen und dem Hauptmaximum in Lk (D 28) entsprechen, liegen bei c und stark gestreut bei a in einem Maximum im SE-Sektor mit a in (ac) einen Winkel von 25° bildend.

Es ergibt sich aus dem Vorstehenden, daß Chloritkörner, die mit (001) nicht in s liegen, während der Deformation des Gesteines viel stärker bewegt worden sind als Körner, die in s liegen; und zwar liegt das Maximum der Achsen dieser Körner — es handelt sich um Chlorite quer s — im a Schlift näher c (D 34) im b Schlift näher a (D 36). Diese Nichtüberführbarkeit von D 34 in D 36 ist einerseits auf die verschiedene mechanische Beanspruchung im b Schlift Scherung und Plättung im a Schlift Scherung und stärkere Plättung, andererseits auf die Inhomogenität des Gesteines zurückzuführen.

Um eine genaue Kenntnis über die Lage der Biotite und Chlorite, besonders der mit (001) quer zu s stehenden Körner und ihrer Bewegung zu erhalten, wurde der Versuch gemacht, eine Trennung der Biotite und Chlorite nach ihrer Achsenlage durchzuführen.

1. Biotite und Chlorite, die mit ihren Achsen parallel c, bzw. mit c des Gesteines einen Winkel bis zu 45° bilden.

2. Biotite und Chlorite, die mit ihren Achsen parallel a, bzw. mit a des Gesteines einen Winkel bis zu 45° bilden.

3. Biotite und Chlorite, die mit ihren Achsen parallel b, bzw. mit b des Gesteines einen Winkel bis zu 45° bilden.

Zu 2.: auch als Querbiotite und Querchlorite der b Achsenzone und zu 3.: als Querbiotite und Querchlorite oder a Achsenzone bezeichnet.

Die entsprechenden Lote der Großkreise der Querbiotite der a und b Achsenzone, sowie der Querchlorite der a und b Achsenzone wurden in diesen 4 Gruppen getrennt in je ein Diagramm normal b gezeichnet. Sowohl auf beide Biotitdiagramme als auch auf das Diagramm der Querchlorite der a Achsenzone entfielen zu wenig Lote (25—30) (D 37, D 38, D 40) um einen Vergleich durchführen zu können. Lediglich das Diagramm der Querchlorite der b Achsenzone mit 72 Loten (D 39) zeigt einen Gürtel in (ab) mit den stärksten Bewegungen nicht um a oder b, sondern einer Nutationsachse in der Ebene (ab) zwischen der a und b Achse. Es zeigt sich also, daß neben der Scherung auch die Plättung des Gesteins, insbesondere der Chloritkörner, die mit (001) quer zu s stehen, sehr stark zu Worte kommt.

Die Bewegung der übrigen Holoblasten ist wie bereits früher erwähnt, an Rotationswirbel im Granat, von der c Richtung des Gesteins abweichende Achsen der Anwachskegel im Granat und der tautozonalen Lage der Magnetite mit ihren längsten Korndurchmessern um b zu erkennen. Neben den Bewegungen der Holoblasten fand auch eine Umfließung der Holoblasten — besonders der Granaten und der quer zu s liegenden Glimmer — durch das Grundgefüge statt, wie dies im b Schriff durch die opazitische Substanz in der Nähe der oberen und unteren, also ||s verlaufenden Korngrenzen der Holoblasten deutlich sichtbar wird. Diese Umfließung entspricht einer Setzung in Richtung c. Kristallisationshöfe um die Granaten sind nicht feststellbar.

Vergleichende Nebeneinanderstellung von Biotit und Chlorit

Biotite und Chlorite im a Schriff zeigen beide eine gleich starke Einregelung in s. Im b Schriff sind Biotite gegenüber Chloriten viel stärker in s eingeregelt. Die Chloritachsen bilden einen geschlossenen Gürtel um b mit gleichwertigen Maxima in c und fast in a.

Mittlerer Winkelwert si:se aller eingemessener Körner.

	Biotite	Chlorite
a Schriff	13,4° (114 Körner)	17,5° (85 Körner)
b Schriff	17,9° (144 Körner)	29,1° (122 Körner)

Mittlerer Winkelwert si:se der Querbiotite und Querchlorite.

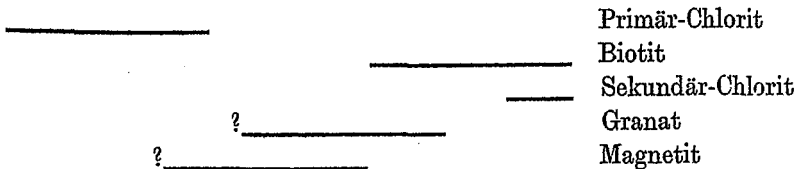
	Querbiotite	Querchlorite
a Schriff	16,5° (13 Körner)	19,9° (80 Körner)
b Schriff	10,3° (17 Körner)	13,4° (35 Körner)

Vorstehende Tabellen geben einen Überblick über die Bewegung von Biotit und Chlorit. Es ergibt sich jeweils eine stärkere Bewegung der Chlorite. Bei den Querbiotiten und -chloriten ist auffallend, daß die größeren Bewegungen Körner erlitten haben, die mit (001) in (ac) liegen (a Schriff). Der Unterschied in den Winkelwerten si:se für a und b Schriffe geht möglicherweise darauf zurück, daß im b Schriff eine si Fläche von der Ausdehnung des Kornes eingemessen wird, im a Schriff nur ein schmaler Streifen aus dieser si Fläche. Wenn also die opazitischen si Lagen in sich noch eine Inhomogenität des Gefüges zeigen, z. B. Fältelungsachsen parallel b des Gefüges, so ist die Möglichkeit, verschiedene Werte der Winkel si:se, bei Messungen im a und b Schriff gegeben. Im vorliegenden Fall ist ein solches Gefüge von si in Gestalt feiner Fältelung parallel b tatsächlich vorhanden; es ist jedoch nicht überprüfbar, wie weit dieses im a Schriff zu Worte kommt. Unberührt von dieser Frage bleibt, daß die Winkel si:se für Chlorit größer sind als für Biotit. Dies weist auf eine getrennte Bildung der Biotite und Chlorite und nicht auf eine Pseudomorphose von Biotit nach Chlorit hin. Die Chloritbildung ging der Biotitbildung voraus, wie es die stärkere Bewegung der Chlorite erkennen läßt und die etlichen Teileinschlüsse von anders orientierten Chloriten im Biotit beweisen.

Übersicht über die zeitliche Abfolge der Holoblastenbildung (Biotit, Chlorit, Granat, Magnetit)

Biotite und Chlorite. Im Vorhergehenden ist bereits das verschiedene Verhalten von Biotit und Chlorit an Hand der Diagramme gezeigt worden. Daß daneben eine starke Chloritisierung der Biotite stattgefunden hat, wurde ebenfalls erwähnt. Es bleibt nun die Frage über das Zustandekommen dieses verschiedenen Verhaltens. In welcher zeitlichen Folge steht die Biotit- und Chloritbildung zueinander, und wie war das Verhalten der beiden Minerale gegenüber der mechanischen Beanspruchung? Verschiedene Biotitkörner zeigen Chlorite als Teileinschlüsse. Sie unterscheiden sich von den chloritisierten Biotiten durch die andere Orientierung mit der sie in dem umschließenden Biotit liegen und durch die scharfe kristallographische Begrenzung. Kleinere Chloritkörner sind auch als Volleinschlüsse im Biotit vorhanden. Das wären also Anzeichen für eine Chloritkristallisation vor der Biotitkristallisation. Das unterschiedliche Verhalten von Biotit und Chlorit ist auf die längere mechanische Beanspruchung der Chlorite zurückzuführen. Die größere Sprödigkeit der Biotite gegenüber den Chloriten kommt bei quer zu s stehenden Körnern nicht zum Ausdruck, bei Körnern, die mit (001) in s liegen, ist dies möglicherweise der Fall, wie es im Kapitel über die Fugenbewegung ausgeführt wurde.

Granat und Magnetit. Granaten zeigen Einschlüsse und Teileinschlüsse von Magnetit; nur ganz vereinzelt kommen kleine Granatkörner als Einschlüsse im Magnetit vor. Die Magnetitkristallisation setzte also vor der Granatkristallisation ein und beide vor der Bildung der Biotite, denn diese kommen nur selten als Teileinschlüsse im Granat vor, Granaten aber als Einschlüsse und Teileinschlüsse im Biotit. Die Reihenfolge der Holoblastenbildung dürfte also folgende sein:



Kennzeichnung des flächigen und linearen Gefüges

Die bisher dargestellten Gefügekoordinaten erlauben folgende Kennzeichnung der letzten Teilbewegungen im vorliegenden Gestein bezogen auf die angesichts des Handstückes angesetzten Gefügekoordinaten. Das flächige Gefüge wird gekennzeichnet: 1. Durch die Lage der Biotite und Chlorite mit (001) normal bis fast normal c des Gesteins=s. 2. Durch die Lage der opazitischen Substanz, die das ganze Gestein fast parallel s durchzieht = se. Das lineare Gefüge wird gekennzeichnet: 1. Durch die im Handstück sichtbaren Fältelungsachsen. 2. Durch die zu ihrer Lage zu b bestimmten (ac) Risse des Granat. 3. Durch die periphere Streuung der Risse in der Zone der b Achse, insbesondere bei Granat. 4. Durch die ebenfalls periphere Streuung der Chloritachsen in der Zone der b Achse des Gesteins. 5. Durch die unregelmäßige

Lage der Magnetitkörner nach ihrer Korngestalt im b Schliff. 6. Durch die stärkere Kornlängung der Grundgefügekörner parallel b.

Um nun die Abfolge der Teilbewegungen und damit die Geschichte und Art der mechanischen Beanspruchung beurteilen zu können, wird zunächst die Symmetrie des Gefüges an Hand der Diagramme, sodann das zeitliche Verhältnis der Teilbewegungen zueinander beurteilt mit Hilfe des si in den Holoblasten von Granit und Biotit. Schließlich wird eine Synthese des Bewegungsbildes versucht, welche sich nach Bildung der Holoblasten mit nachkristalliner Fugenbildung in bezug auf Biotit und Chlorit ergibt.

Übersicht über die Symmetrie der Diagramme

Granat. Im a Schliff fallen die Häufungen der Rißflote mit der c Achse und b Achse des Gesteines annähernd zusammen (D 11). Außerdem entspricht der (0kl) Fläche des Gefüges das Maximum im NE-Sektor von c um 36° abweichend. Die (0kl) Risse sind also unsymmetrisch in bezug auf die (ac) Risse, wie dies in Gesteinen häufig zu beobachten ist. Im b Schliff sind die (h0l) Risse peripher mit 6 Maxima auf einem Gürtel b verteilt, also tautozonal um b angeordnet (D 12). Es tritt schon durch die Diagramme der Granatrisse allein jener Unterschied zwischen a und b Schliff hervor, der die B-Tektonite kennzeichnet. Die die Granatrisse prägende Beanspruchung erzeugte also eine typische B-axiale Formung.

Biotite und Chlorite. Im a Schliff ist die Lage der Hauptmaxima der Biotit- und Chloritachsen parallel c gleich (D 1, D 3). Das Maximum der Achsen der Querbiotite quer b bildet mit b einen Winkel von 11° im NE-Sektor in (bc). Dies stellt wiederum eine Asymmetrie in bezug auf die (ac) Ebene dar. Bei den Querschloriten hat das Nebenmaximum nicht in s liegender Chlorite eine andere Lage, und zwar mit c einen Winkel von 36° bildend, in (bc) im NW-Sektor und mit c in (bc) einen Winkel von 45° in SW-Sektor bildend (Teildiagramme von D 3). Auch diese Maxima stellen eine Asymmetrie in bezug auf die Ebene (ac) dar, da das im NW-Sektor gelegene Maximum eine höhere Besetzungsdichte zeigt und in einem anderen Winkel zu c liegt, als das im SW-Sektor gelegene. Im b Schliff liegt das Hauptmaximum der Biotitachse parallel c, wobei sich eine stärkere Streuung der Achsen abweichend von c in (ac) bemerkbar macht. Die Andeutung eines Gürtels normal b kann auf Grund dieses Diagrammes nicht angenommen werden. In der Verteilung der Biotitachsen tritt also der für B-Tektonite typische Unterschied der a und b Richtung nicht so deutlich hervor, wie dies für die Chlorite der Fall ist. Die Chloritachsen zeigen im b Schliff abweichend von der Lage der Biotitachsen einen geschlossenen Gürtel um b mit drei deutlichen Maxima (D 4), das stärkste fast parallel c ein mittleres im NE-Sektor in (ac) mit a einen Winkel von 22° bildend und ein schwaches im SE-Sektor in (ac) mit a einen Winkel von 30° bildend. Hier tritt also wesentlich deutlicher als bei der Verteilung der Biotitachsen der Unterschied der a und b Richtung hervor.

Im Reißdiagramm (D 12) b Schliiff liegen die Lote der Granatrisse peripher gestreut; sowohl für Biotit (D 14) als auch für Chlorit (D 16) liegen die Reißlote im b Schliiff um a im Winkel bis zu 20° zu a. In diesem verschiedenen Verhalten von Granat einerseits und Biotit und Chlorit andererseits kommt die Festigkeitsanisotropie der Biotite und Chlorite, bzw. die Festigkeitsisotropie der Granaten zur Geltung. Bei dem Reißdiagramm der Biotite im a Schliiff und im b Schliiff sind sowohl die Querbiotite der a und b Achsenzone, sowie die Biotite mit (001) parallel s mit ihren Rissen beteiligt, bei den Glimmerrissen sind nur Risse mit korrespondierenden Trümmergrenzen eingemessen worden. In den Reißdiagrammen der Chlorite im a und b Schliiff sind nur Querchlorite der a und b Achsenzonen beteiligt.

Die Symmetrie des Gesteines. Nach der Beschreibung der Symmetrie des gesamten Gefüges, wie sie durch die Teilgefüge der Fugen und Achsen zum Ausdruck kommt, kann man von einer angenäherten rhombischen Symmetrie ausgehen und die Asymmetrie beachten, welche im Hinblick auf die Hauptebenen (ab), (ac) und (bc) des Gefüges besteht. Biotitachsen (D 1, D 2) Chloritachsen (D 3, D 4) und Granatrisse (D 11 D 12). Es ergibt sich dann als deutliche Symmetrieebene die Ebene (ac) des Gefüges und somit der für B-Tektonite häufigste Symmetrietypus mit deutlich wahrnehmbarer rhombischer Grundlage.

Die Rotationen, welche vom rhombisch-symmetrischen in den monoklinen und sogar triklinen Typus in bezug auf die (ac) Risse führen, sind Rotationen, wie sie die B-Tektonite charakterisieren, also der Gürtel der Chloritachsen um b, der Gürtel der Lote der Granatscherrisse um b, die Rotationswirbel der Granaten im b Schliiff und die tautozonale Lage der Magnetite um b. Damit ist ein Beispiel gegeben für einen durch Untersuchung an geregelten Gefügen typisierten Symmetrietypus schon durch die Fugen allein, der also durch un stetige letzte Korndeformation darstellbar ist.

Übersicht über die Deformation des Gesteines in bezug auf die Holoblastenbildung

Biotite und Chlorite zeigen im b Schliiff gefältetes und angereichertes Opazit si, das sich im angrenzenden Grundgefüge fortsetzt. Das bedeutet eine vor der Biotit- und Chloritbildung erlittene b-axiale Beanspruchung des Gesteins. Einzelne Chlorite lassen Risse im Innern des Kornes erkennen, die mit Chlorit ohne Opazit verheilt sind und in den Randzonen ungestörten Verlauf der Opazitflächen zeigen. D. h. sie sind während des Wachstums zerrissen und danach ungestört weitergewachsen. Auch die Rotationswirbel einzelner Granaten weisen auf diese b-axiale Beanspruchung während der Holoblastenbildung hin. Außerdem zeigen aber sowohl Biotit und Chlorit als auch Granat eine Umfließung durch Opazit se. Das weist auf ein starrereres Verhalten dieser Holoblasten bei einer nachkristallinen Deformation. Es ergibt sich daraus, daß die B-axiale Beanspruchung des Gesteines vor der Holoblastenbildung einsetzte, während dieser andauerte und auch noch nach der Holoblastenbildung stattfand.

Es liegt also eine ziemlich symmetriekonstante B-axiale Formung eines feingeschichteten Anlagerungsgesteines vor. Diese mechanische Formung ist parakristallin in bezug auf sämtliche Holoblasten. Die letzte Prägung mit nachkristalliner Formung der Körner durch die Fugen ist symmetriekonstant mit den vorangehenden Körnern verlaufen, wie dies von Quarzgefügen bereits bekannt ist. An der Formung dieses kristallinen Schiefers waren mittelbare Teilbewegungen (Längung von Körnern durch kristalline Verheilung ihrer Fugen) neben unmittelbaren Teilbewegungen z. B. Kornrotation) beteiligt.

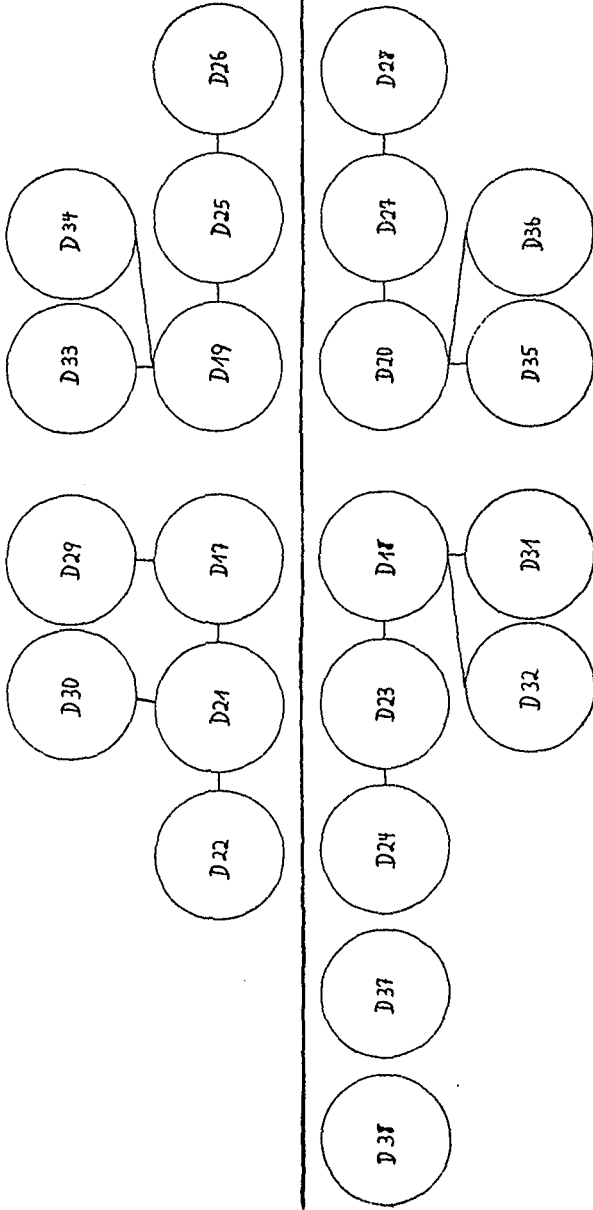
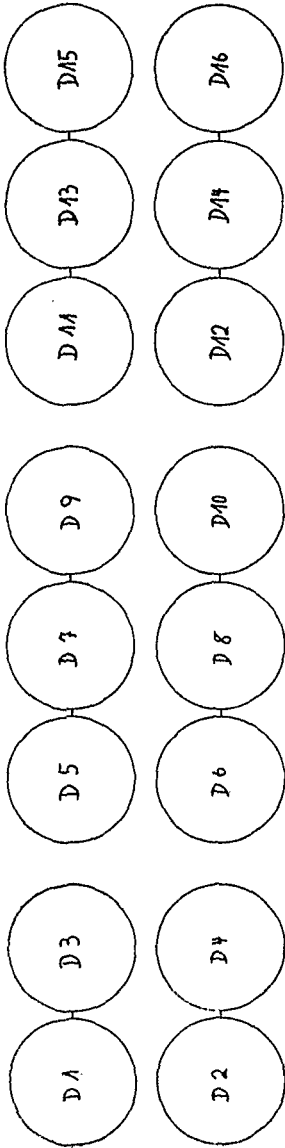
Inhaltsverzeichnis

Einleitung	217
Allgemeines	217
Kennzeichnung des Grundgefüges	218
Grundgefüge	218
Granatholblasten	219
Biotit- und Chloritholblasten	220
Magnetitholblasten	221
Kennzeichnung des Gefüges	221
Nebeneinanderstellung der Fugen in den mechanisch isotropen Holoblasten (Granat), in den mechanisch stark anisotropen Holoblasten (Biotit und Chlorit), sowie der Fugen im Grundgefüge	221
Übersicht der Bewegung der Holoblasten	223
Vergleichende Nebeneinanderstellung von Biotit und Chlorit	226
Übersicht über die zeitliche Abfolge der Holoblastenbildung	227
Kennzeichnung des flächigen und linearen Gefüges	227
Übersicht über die Symmetrie der Diagramme	228
Die Symmetrie des Gesteines	229
Übersicht über die Deformation des Gesteines in bezug auf die Holoblasten- bildung	229
Inhaltsverzeichnis	231
Übersicht der Diagramme mit Legende	232
Abbildungen	244/245

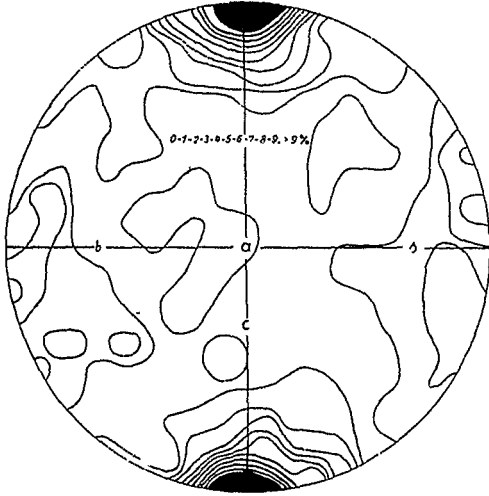
Legende

- D 1 _{1a} 228 Biotitachsen
 D 2 _{1b} 266 Biotitachsen
 D 3 _{1a} 217 Chloritachsen
 D 4 _{1b} 237 Chloritachsen
 D 5 _{1a} 116 Lote auf Opazitlagen im Biotit si
 D 6 _{1b} 150 Lote auf Opazitlagen im Biotit si
 D 7 _{1a} 92 Lote auf Opazitlagen im Chlorit si
 D 8 _{1b} 134 Lote auf Opazitlagen im Chlorit si
 D 9 _{1a} 195 Lote auf Opazitlagen im Grundgefüge se
 D 10 _{1b} 266 Lote auf Opazitlagen im Grundgefüge se
 D 11 _{1a} 341 Lote auf Risse im Granat
 D 12 _{1b} 283 Lote auf Risse im Granat
 D 13 _{1a} 19 Lote auf Fugen im Biotit
 D 14 _{1b} 9 Lote auf Fugen im Biotit
 D 15 _{1a} 25 Lote auf Fugen im Chlorit
 D 16 _{1b} 19 Lote auf Fugen im Chlorit
 D 17 _{1a} 114 Lote auf Großkreise si (Biotit) und se (Grundgefüge) L
 D 18 _{1b} 144 Lote auf Großkreise si (Biotit) und se (Grundgefüge) L
 D 19 _{1a} 85 Lote auf Großkreise si (Chlorit) und se (Grundgefüge) L
 D 20 _{1b} 122 Lote auf Großkreise si (Chlorit) und se (Grundgefüge) L
 D 21 _{1a} 62 Lote der Großkreise (Biotit) si:se, deren wahre Winkel größer als der mittlere Winkelwert sind. Lg
 D 22 _{1a} 50 Lote der Großkreise (Biotit) si:se, deren wahre Winkel kleiner als der mittlere Winkelwert sind. Lk
 D 23 _{1b} 57 Lote der Großkreise (Biotit) si:se, deren wahre Winkel größer als der mittlere Winkelwert sind. Lg
 D 24 _{1b} 80 Lote der Großkreise (Biotit) si:se, deren wahre Winkel kleiner als der mittlere Winkelwert sind. Lk
 D 25 _{1a} 43 Lote der Großkreise (Chlorit) si:se, deren wahre Winkel größer als der mittlere Winkelwert sind. Lg
 D 26 _{1a} 42 Lote der Großkreise (Chlorit) si:se, deren wahre Winkel kleiner als der mittlere Winkelwert sind. Lk
 D 27 _{1b} 48 Lote der Großkreise (Chlorit) si:se, deren wahre Winkel größer als der mittlere Winkelwert sind. Lg
 D 28 _{1b} 70 Lote der Großkreise (Chlorit) si:se, deren wahre Winkel kleiner als der mittlere Winkelwert sind. Lk
 D 29 _{1a} 91 Biotitachsen von Körnern, deren Lote in L (D 17) in ein Hauptmaximum fallen.
 D 30 _{1a} 15 Biotitachsen von Körnern, deren Lote in L (D 17) in ein Nebenmaximum fallen.
 D 31 _{1b} 95 Biotitachsen von Körnern, deren Lote in L (D 18) in ein Hauptmaximum fallen.
 D 32 _{1b} 19 Biotitachsen von Körnern, deren Lote in L (D 18) in ein Nebenmaximum fallen.
 D 33 _{1a} 27 Chloritachsen von Körnern, deren Lote in L (D 19) in ein Hauptmaximum fallen.
 D 34 _{1a} 41 Chloritachsen von Körnern, deren Lote in L (D 19) in ein Nebenmaximum fallen.
 D 35 _{1b} 35 Chloritachsen von Körnern, deren Lote in L (D 20) in ein Hauptmaximum fallen.
 D 36 _{1b} 65 Chloritachsen von Körnern, deren Lote in L (D 20) in ein Nebenmaximum fallen.
 D 37 _{1b} Querbiotite der b-Achsenzone (001) (\pm) || (bc)
 26 Lote auf Großkreise si:se L
 D 38 _{1b} Querbiotite der a-Achsenzone (001) (\pm) || (ac)
 28 Lote auf Großkreise si:se L
 D 39 _{1b} Querchlorite der b-Achsenzone (001) (\pm) || (bc)
 72 Lote auf Großkreise si:se L
 D 40 _{1b} Querchlorite der a-Achsenzone (001) (\pm) || (ac)
 31 Lote auf Großkreise si:se L

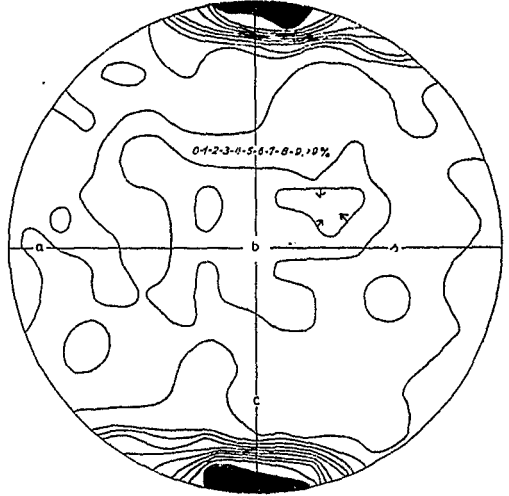
Fugen-Gefüge und Teilbewegung



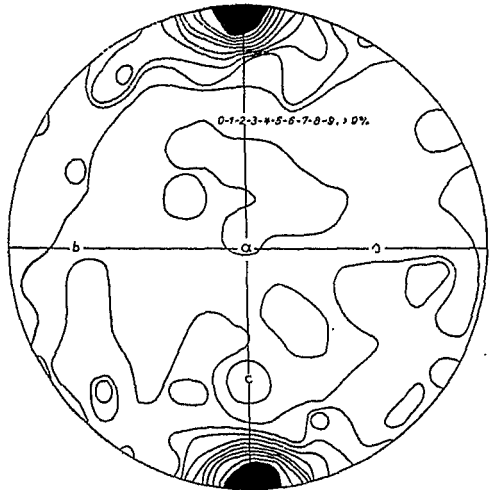
Zusammenhang der Diagramme



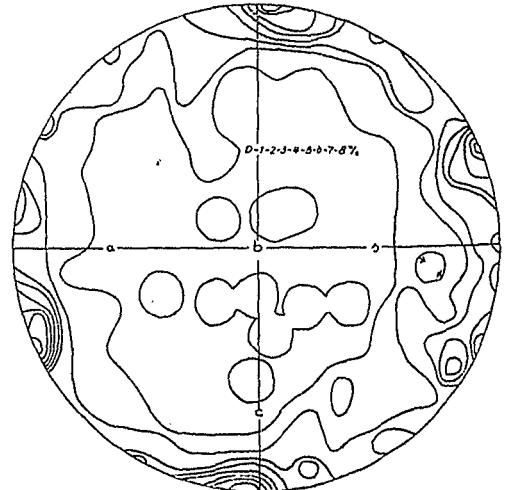
D 1 Biotit



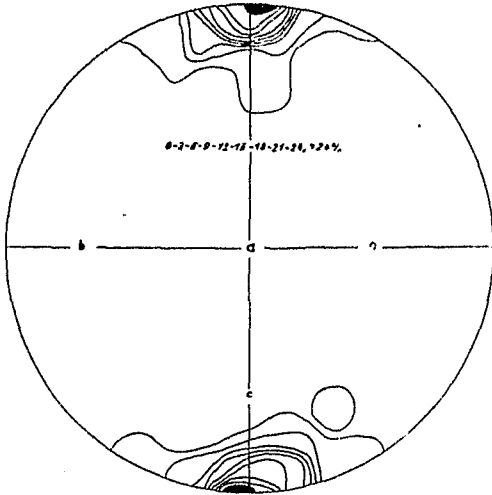
D 2 Biotit



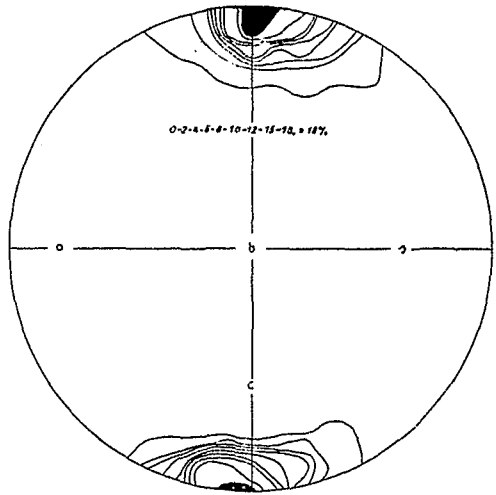
D 3 Chlorit



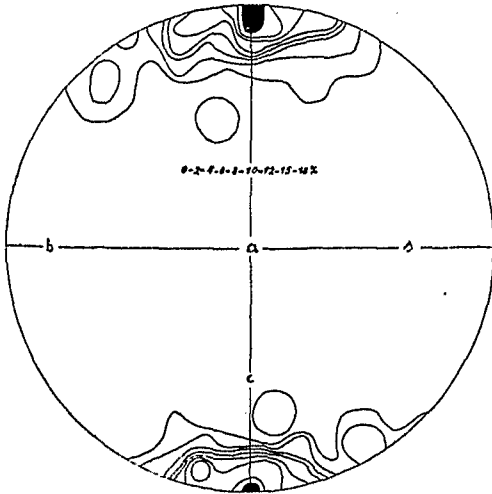
D 4 Chlorit



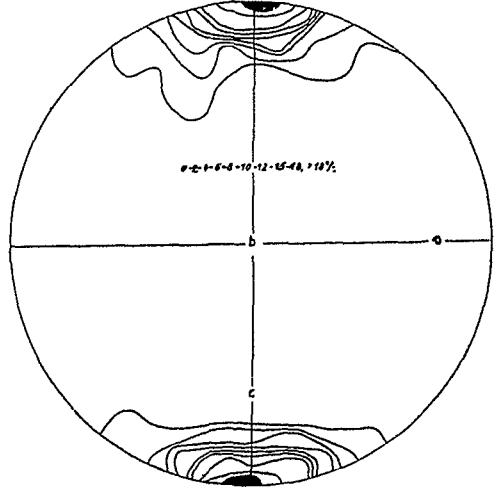
D 5 Biotit si



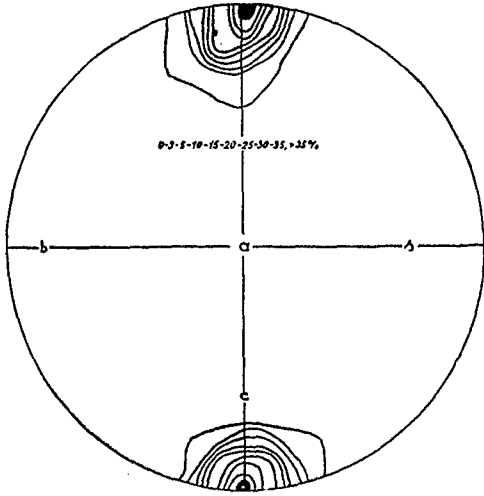
D 6 Biotit si



D 7 Chlorit si

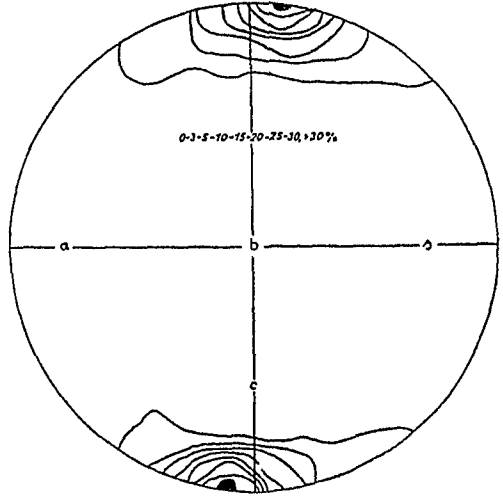


D 8 Chlorit si



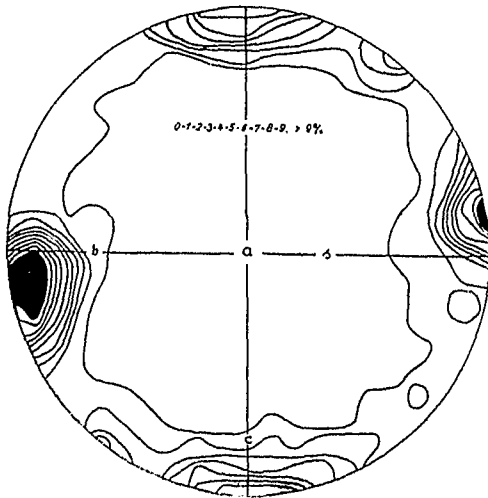
0-3-5-10-15-20-25-30-35, > 25%

D 9 Grundgefüge se



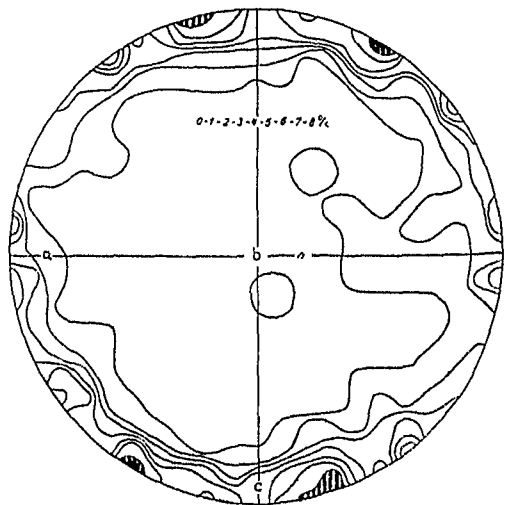
0-3-5-10-15-20-25-30, > 30%

D 10 Grundgefüge se



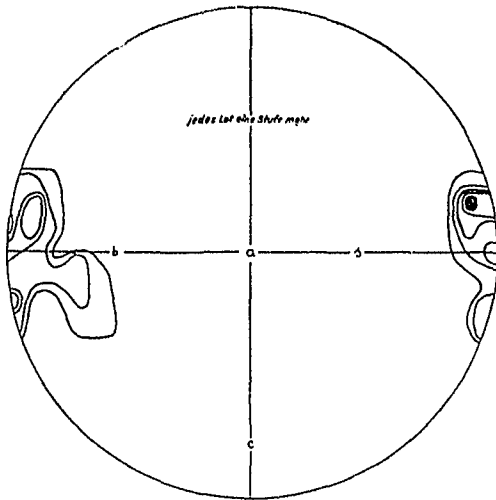
0-1-2-3-4-5-6-7-8-9, > 0%

D 11 Granat

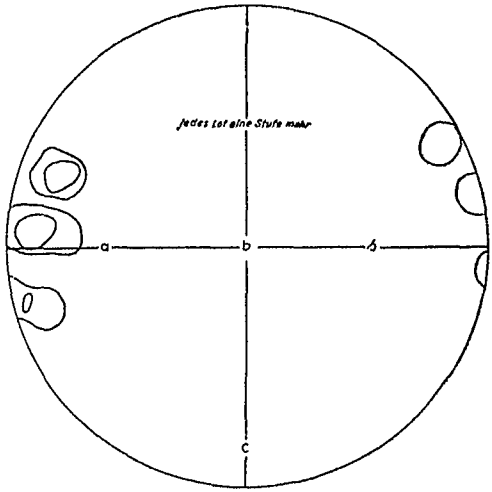


0-1-2-3-4-5-6-7-8%

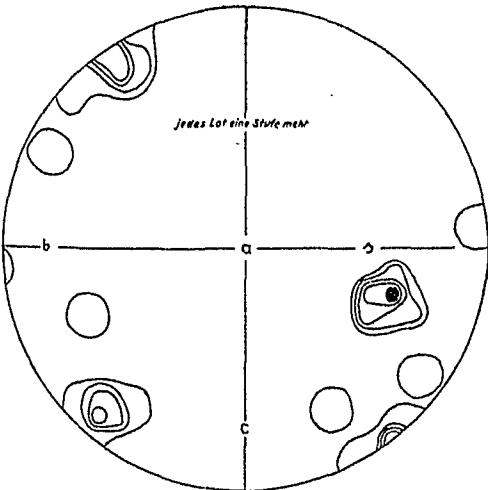
D 12 Granat



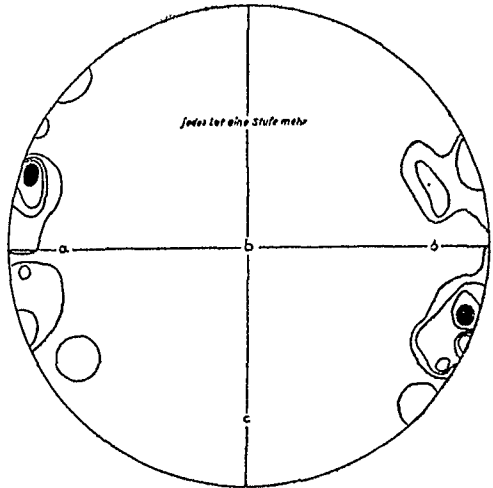
D 13 Biotit



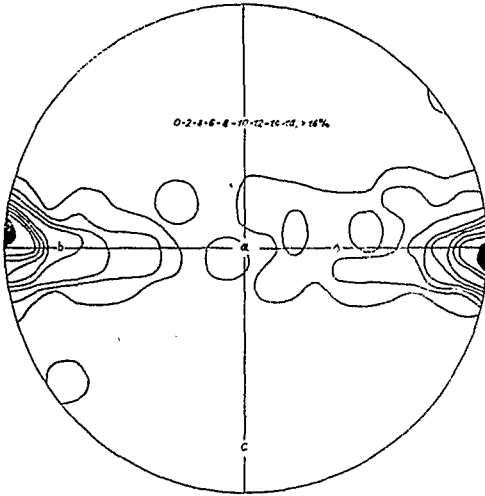
D 14 Biotit



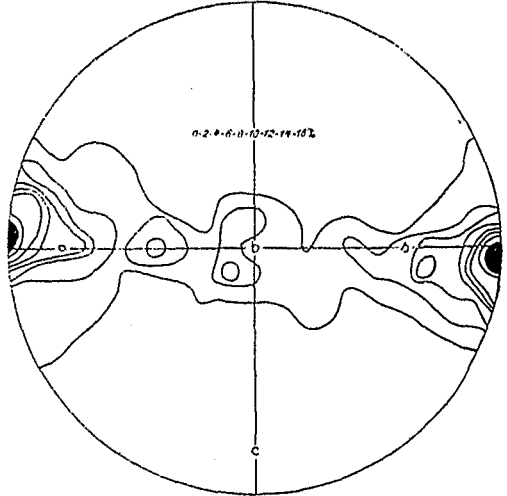
D 15 Chlorit



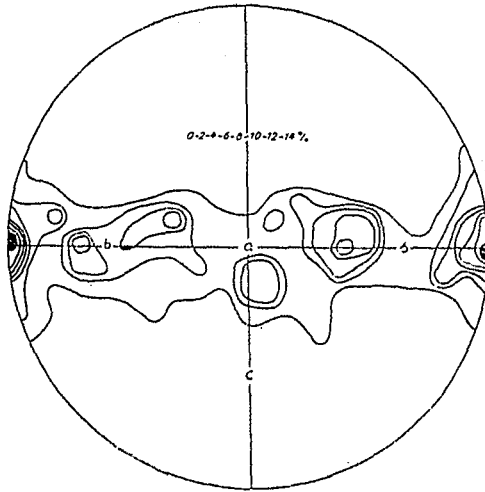
D 16 Chlorit



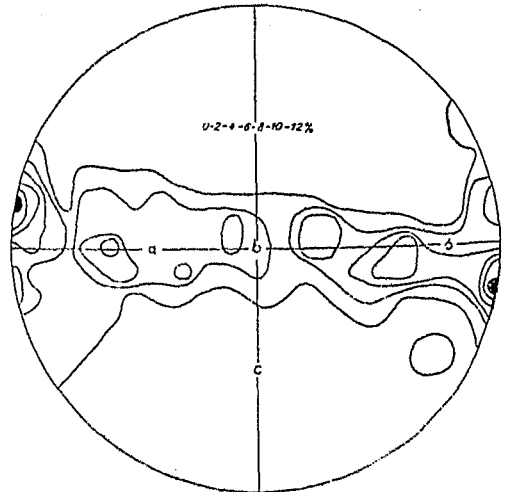
D 17 Biotit L



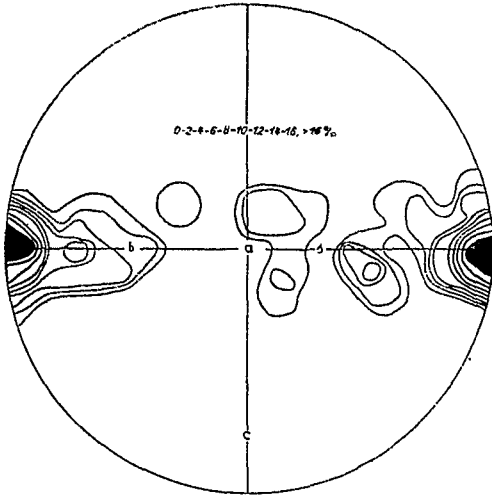
D 18 Biotit L



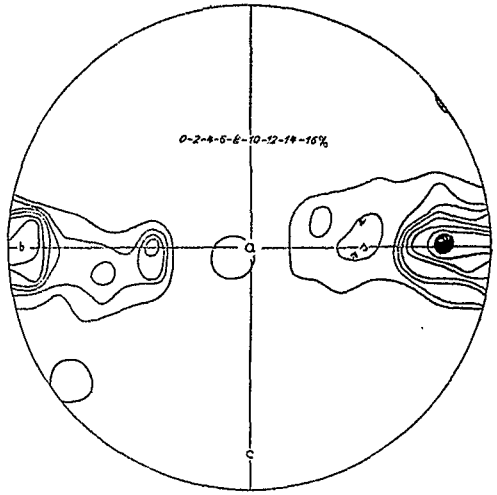
D 19 Chlorit L



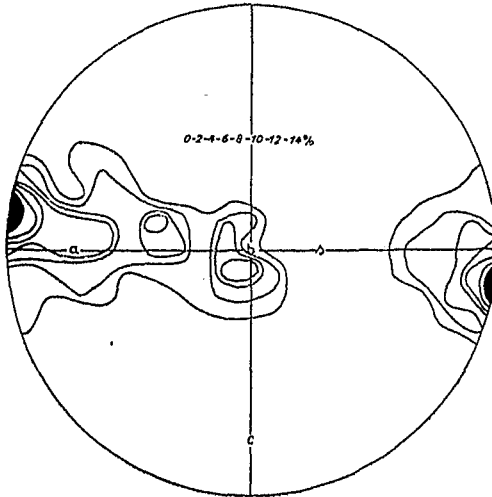
D 20 Chlorit L



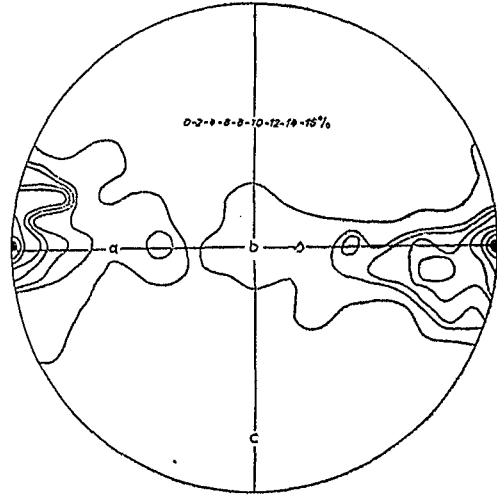
D 21 Biotit Lq



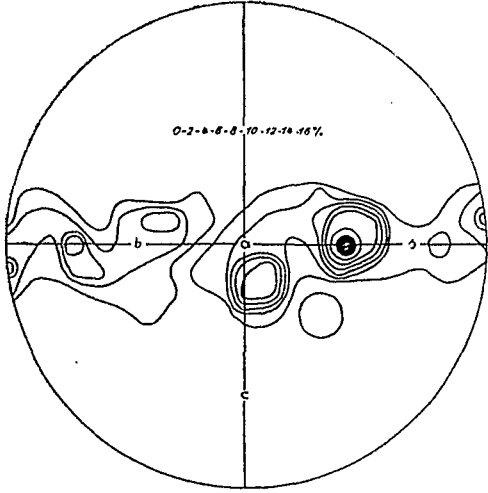
D 22 Biotit Lk



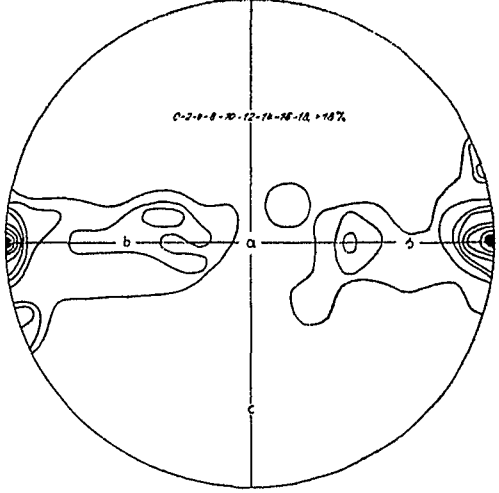
D 23 Biotit Lq



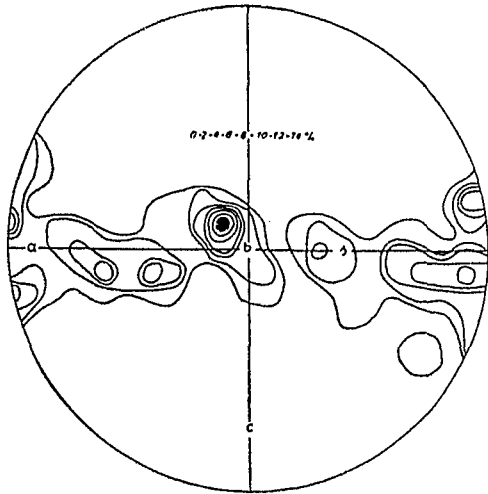
D 24 Biotit Lk



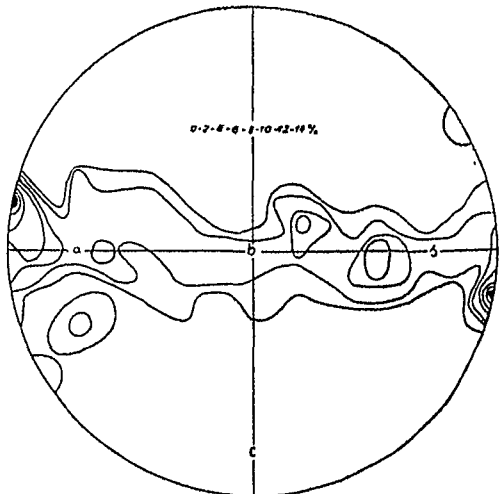
D 25 Chlorit Lg



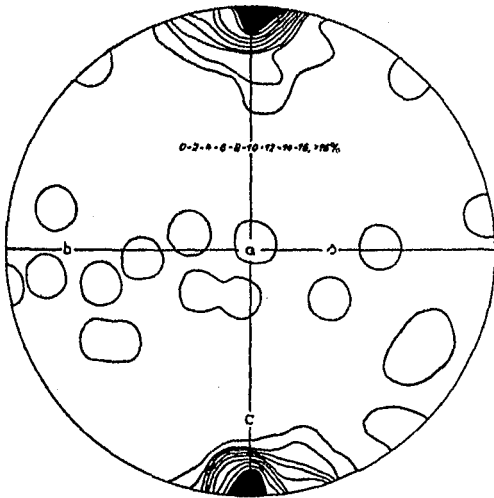
D 26 Chlorit Lk



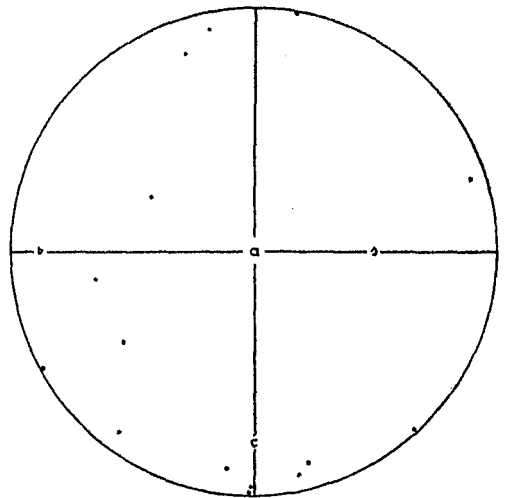
D 27 Chlorit Lg



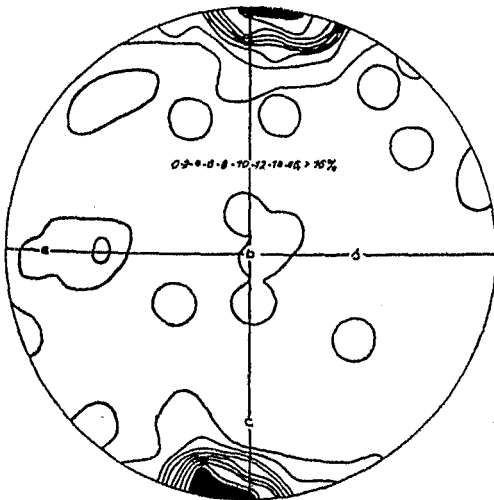
D 28 Chlorit Lk



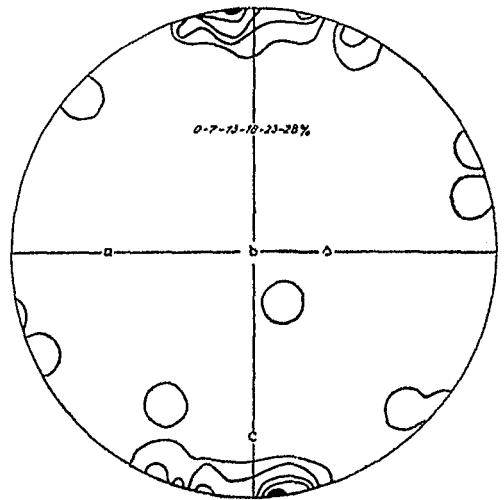
D 29 Biotit



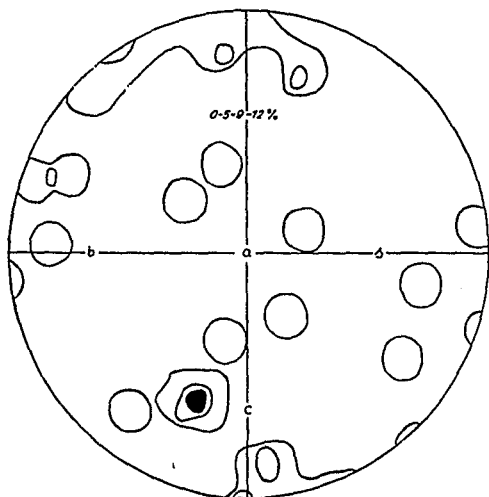
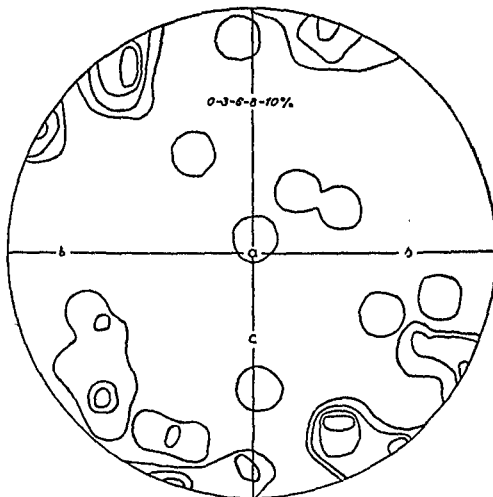
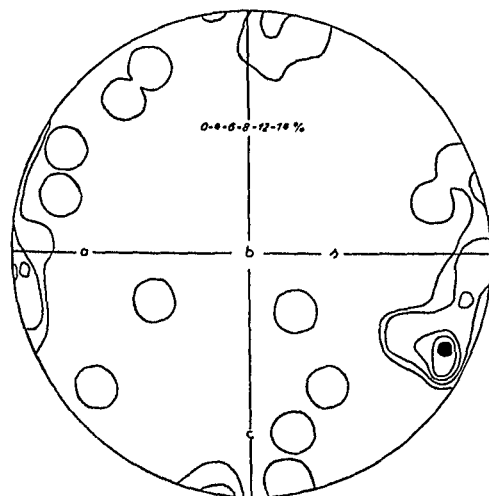
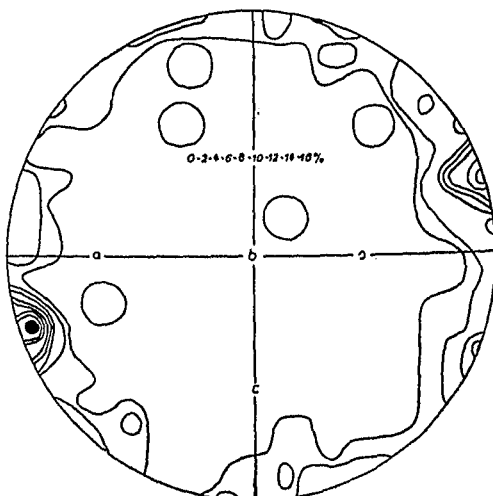
D 30 Biotit

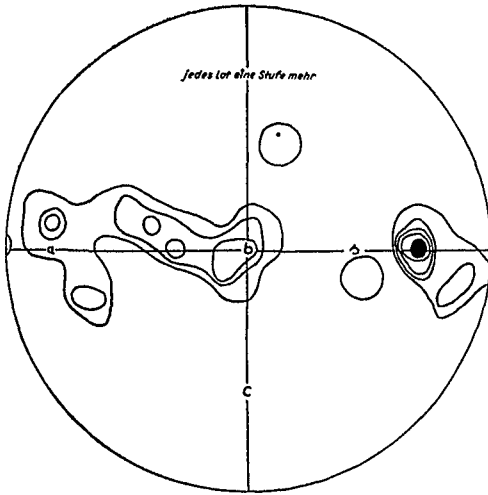


D 31 Biotit

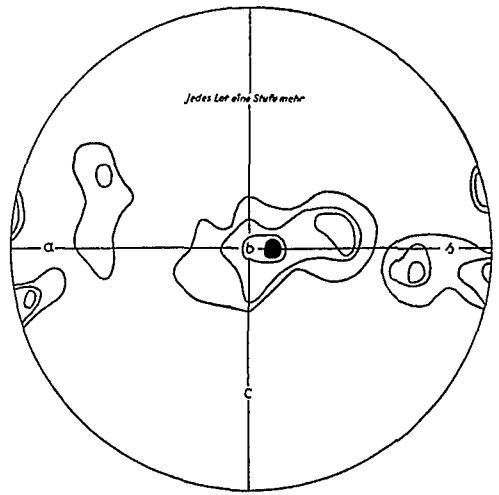


D 32 Biotit

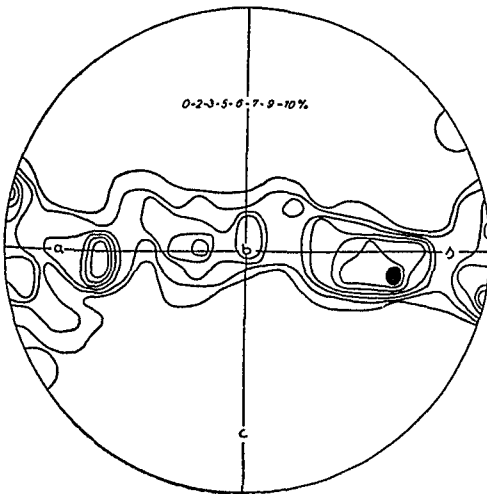
*D 33 Chlorit**D 34 Chlorit**D 35 Chlorit**D 36 Chlorit*



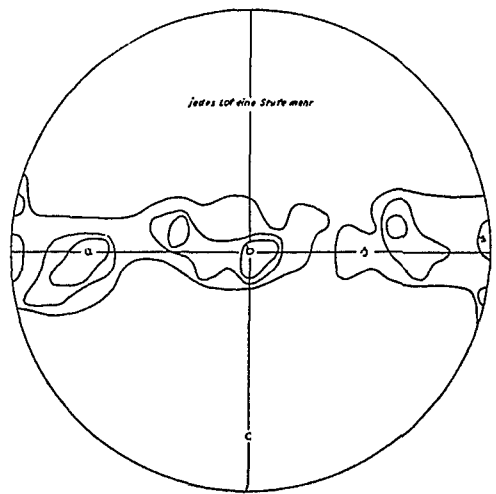
D 37 Querbiotit L



D 38 Querbiotit L



D 39 Querchlorit L



D 40 Querchlorit L

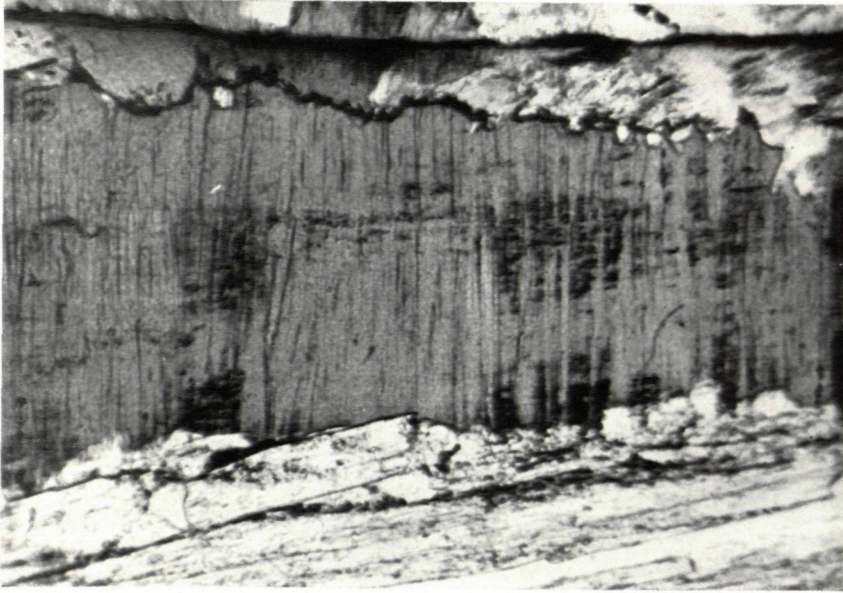


Abb. 1. a) Schliff, Querbiotit



Abb. 2. Granatholoblasten mit (a c) Rissen, Querbiotit zerrissen

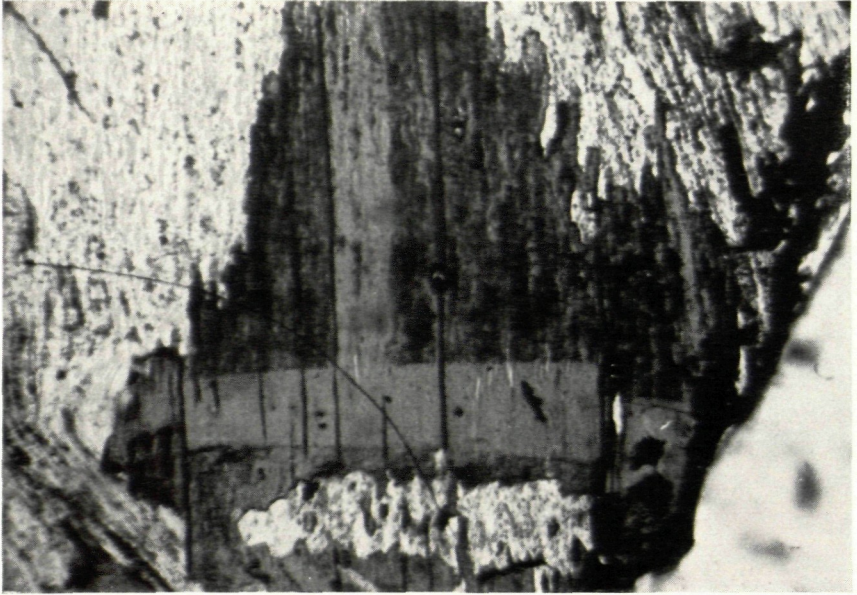


Abb. 4. b Schliff, Biotit (001) parallel s



Abb. 3. b Schliff, Biotit mit (001) fast in s

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1949

Band/Volume: [48 49](#)

Autor(en)/Author(s): Knopf Irmgard

Artikel/Article: [Fugen-Gefüge und Teilbewegung eines Kristallinen Schiefers mit Granat- und Glimmerholoblasten \(Untere Schieferhülle der Tauern\). \(Tafel VIII-IX.\) 217-243](#)