

Achsenverteilungsanalyse eines Glimmermarmors (Tauernhülle Glocknerstraße)

Von Ingeburg Schüller

(Mit 19 Diagrammen auf Tafel III)

Aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck

Die vorliegende Arbeit zeigt die Durchführung einer Achsenverteilungsanalyse am Beispiele eines in der Tauernhülle verbreiteten Glimmermarmors. Es wurde dabei versucht, festzustellen, ob Inhomogenitäten, wie sie für kristalline Quarz-Tektonite bekannt sind, auch an Calcit-Tektoniten angenommen werden können. Auch das Verhalten der im Gestein befindlichen Glimmer und Quarze wurde beachtet. Gleichzeitig wurde in dem für die AVA benutzten Bereich die Frage nach der Achsendivergenz einander berührender und sich nicht berührender Calcitkörner behandelt und bei Auszählung der Punktdiagramme die Frage nach etwaigen Fehlerquellen untersucht. Die AVA wurde nach zwei Standpunkten (Teilung des Achsendiagramms in Sektoren — Berücksichtigung der Maxima) durchgeführt und die gewonnenen Ergebnisse einander gegenübergestellt.

Für die Beschreibung wurden die in der Gefügekunde üblichen Koordinaten verwendet.

Die Arbeit wurde am Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck unter der Leitung von Herrn Professor Dr. B. Sander durchgeführt, dem ich die Anregung zu diesem Thema verdanke und vor allem für das Untersuchungsmaterial und seine rege Anteilnahme Dank schulde. Alle Kenntnisse über den speziellen Gang der Untersuchung im Falle meiner Fragestellung fußen neben Publikationen — hier war es vor allem das Manuskript des II. Bandes der „Gefügekunde geologischer Körper“, für dessen Überlassung ich hier nochmals danken möchte — auf seinen Ratschlägen.

Eine freudige Verpflichtung ist es mir, für immerwährende Hilfsbereitschaft in allen technischen Belangen, vor allem aber für die Einweisung in die Handhabung des Universaldrehtisches und in das statistische Auszählverfahren Herrn Assistenten Professor Dr. Josef Ladurner zu danken.

Es wurde, bevor die eigentliche Arbeit an der Achsenverteilungsanalyse (AVA) in Angriff genommen werden konnte, eine für diese Fragestellung nötige Präparatauswahl vorgenommen, da Regelungen, die eine scharfe Trennung von Maxima erlauben, für eine AVA besonders geeignet sind. Die Aufnahme eines Probediagramms für den interessierenden Bereich (zeilenweise Messung ohne Vernachlässigung eines Kornes) und die Feststellung des Vorhandenseins mehrerer voneinander trennbarer Maxima, bildeten demnach die Voraussetzung für die Durchführung der AVA. Die Größe des betrachteten Schliffbereiches betrug 7×8 mm. Um ein genaues Abbild des gewünschten Schliffbereiches zu erhalten, wurde dieser fotografiert (15 Teilaufnahmen 9×12) und anschließend zweifach linear vergrößert, damit auch das kleinste Einzelkorn groß genug war, um es deutlich mit Nummer und Farbsignal zu versehen. Das so gewonnene, vergrößerte Schliffbild wurde auf Oleatenpapier durchgepaust, gleichzeitig

wurden undeutliche Korngrenzen mit Hilfe des Mikroskopes ausgebessert und Lichtpausen des Schlibbildes angefertigt. Jedes Korn wurde im Schlibbild durch eine Zahl gekennzeichnet und der einem Korn zugehörige Polpunkt der Achse im Diagramm mit derselben Zahl versehen. Durch diese Methode (schon bei Ramsauer, L. 25) ist es gleichzeitig möglich, sollten andere Fragestellungen im Laufe der Arbeit auftauchen, jederzeit die Achsenlage eines bestimmten Kornes wieder zu finden. Das ausgezählte Diagramm (1827 Achsenpole) wurde nach zwei verschiedenen Gesichtspunkten (D 12, 13) für die AVA ausgewertet und dazu die Tafeln angefertigt. Die Querschnitte von Körnern, deren Achsen ein bestimmtes Areal des Diagramms besetzen, wurden mit demselben Schraffensignal versehen.

Um die Feinlagen der einzelnen Richtungsgruppen des nicht sehr deutlich inhomogenen Gefüges besser übersichtlich zu machen, wurde zur statistischen Darstellung gegriffen; diese Darstellung erfolgte auf zweierlei Art (siehe S. 25 und D 14, 15, 16, 17). Durch Herrn Prof. Sander wurde ich angeregt, die statistische Darstellung, die zunächst wie üblich auf Grund eines quadratischen Auszählfeldes vorgenommen wurde, mit einer Darstellung, der ein hexagonales Auszählfeld zugrunde lag, zu vergleichen, um etwaigen Fehlern durch Verzerrung, die durch den verschieden großen Abstand zweier Mittelpunkte des Auszählkreises (horizontal bzw. vertikal und diagonal) im quadratischen Auszählfeld hervorgerufen werden könnten, vorzubeugen. Es hat sich hierbei gezeigt, daß sich keine wesentlichen Änderungen im Gesamtbild der statistischen Darstellung durch die Abänderung des Auszählfeldes von quadratisch zu hexagonal ergeben hatten. Mit dieser Erfahrung stimmen die nachmals von J. Ladurner bei der Auszählung der Korundgefüge (L. 27) gemachten Erfahrungen überein.

Der Marmor Glocknerstraße ist ein im Handstück grauer Marmor mit am Anschliff erkennbarem s und makroskopisch sichtbarem Lineargefüge auf s — dadurch ergeben sich die Koordinaten im Handstück [$s = (ab)$, $\perp s = c$] —, das aus Calcit mit Helglimmer, Quarz, etwas Feldspat, spärlich Zoisit, besteht. Üblicherweise wird mit a -Schliff der Schliff $\perp a$ bezeichnet usw. Nach L. 26 sind mit hkl (ohne Klammern!) Flächen des Korngefüges bezeichnet, mit (hkl) solche des Kornes. Unter dem Mikroskop zeigt Calcit lückenlos aneinanderschließende, im a -Schliff nach b des Gefüges gelängte Kornquerschnitte von Gestalt eines Rhombus oder Polygons, während im b -Schliff die Fläche (ab) durch Kornlängung in der Fläche $h0l$ verdrängt ist, die mit (ab) einen Winkel von 20 bis 25° einschließt. Im Schliff parallel (ab) herrschen isometrische Kornquerschnitte gegenüber nach b gelängten vor. An Lamellenscharen sind im b -Schliff in 30% der Körner zwei ausgebildet, während zirka 25% der Körner — es sind dies vorwiegend die kleinen Körner — keine Lamellen zeigen. Die Intergranulare ist glatt und zeigt den Symmetrietypus eines dreiachsigen Ellipsoids, das sich einem Rotationsellipsoid nähert, mit c (des Gefüges) als kürzester Achse. Die Quarzkörner bilden „Quarz in Quarz“- und „Quarz in Calcit“-Gefüge, sind gelängt oder tropfenförmig („Quarz in Calcit“) mit glatter Intergranulare und sind zum Teil undulös. Während Calcit und Quarz Spuren geringer nachkristalliner Deformation zeigen, fehlt diese bei Glimmer, was die Möglichkeit offen läßt, daß die Glimmerkristallisation diese Deformation überdauert hat, oder die in den bildsameren Calcit eingebetteten Glimmer haben keine Deformation erlitten.

U-Tisch Analyse: Das makroskopisch sichtbare s konnte auch im b-Schliff im Lamellensammeldiagramm (D 1) als Fläche erkannt werden, in die eine große Zahl von Calcitkörnern mit e ($01\bar{1}2$) mit geringer Schwankung um a eingeregelt sind. Es wurde pro Korn eine Lamelle vermessen, u. zw., wenn in einem Korn mehrere erkennbar waren, diejenige gewählt, welche mit b den kleinsten Winkel einschloß. Ein 25° vom Pol von s liegendes Maximum wird betrachtet als Repräsentant einer Flächenschar s_1 . Neben dieser $h0l$ -Fläche (s_1 in D 1) ersehen wir aus D 1 auch das Auftreten von lamellenbesetzten $0kl$ -Flächen, symmetrisch zu s und mit s einen Winkel von zirka 25° einschließend. Um herauszuheben, inwieweit an der Besetzung der Maxima ($01\bar{1}2$)-Flächen von Körnern mit einer Lamelle und solche, bei denen nur eine Lamelle vermessen wurde, im Korn aber zwei und mehrere vorhanden sind, beteiligt waren, wurden diese beiden Kornarten getrennt. D 4 zeigt neben s und $0kl$ eine Scherflächenschar s_2 , symmetrisch (in bezug auf s) zu s_1 , die im Lamellensammeldiagramm D 1 weniger deutlich zum Ausdruck kommt und in ihrer Richtung mit der Richtung der Kornlängung im b-Schliff zusammenfällt, während in D 5 zunächst ein nur in der Nähe des Poles von a unterbrochener, von mehreren Untermaxima besetzter Gürtel auffällt: Wirksamkeit mehrerer Gleitflächen mit Konzentration der Häufungen um den Pol von s gegenüber D 1 und D 4. Auch Körner mit mehreren Gleitflächen haben also ein e in s , s_1 oder schwächer auch in s_2 eingeregelt. Das Glimmerdiagramm D 2 bestätigt gleichfalls s und bringt auch die Raumlage von s_2 deutlich zum Ausdruck. Ein Unterschied in der Ausbildung der Glimmer in s und s_2 besteht nicht.

Das zu D 1 gehörige Achsendiagramm D 6 macht auf den ersten Blick nicht den Eindruck einer den Lamellenmaxima gemäßen Regelung, doch lassen sich durch Konstruktion der Kleinkreise mit Halbmesser 26° um die einzelnen Lamellenmaxima, Maxima von D 6, als vermutlich zu den Lamellenhäufungen in D 1 gehörig erkennen. Ein ähnliches Verhalten lassen auch die zu D 4 und D 5 gehörigen Achsendiagramme D 7 und D 8 noch ersichtlich werden. Die Verzeichnung der Achsen von Körnern ohne sichtbare Lamelle (D 9) ergibt außer der Lage der Achsen auf einem großen Kleinkreis noch eine Häufung um b , wobei aber bei Besetzung des Maximums um b zu beachten ist, daß hier eine genaue Unterscheidung, ob ein lamellenloses Korn vorliegt oder nicht, infolge der flachen Lamellenlage dieser Körner nicht sicher möglich ist. D 11 der eingemessenen Quarzachsen des „Quarz in Calcit“-Gefüges läßt die für Quarz typischen Maxima I, II, IV erkennen (bezogen auf s , das somit durch Glimmer, Quarz und Calcit gegeben ist). Am stärksten ist ein zirka 20° von der Lage von Maximum III gegen den Pol von c hin verschobenes, geteiltes Maximum ausgebildet, das sich mit einem in D 4 sichtbaren Calcitlamellenmaximum, das Vertreter einer $0kl$ -Scherfläche ist, deckt. Es könnte sich hier um Einregelung des Quarzes nach einer Fläche nahe (0001) handeln. (Böhmsche Lamellen sind im Schliff nicht zu sehen). Das in den Fällen in L. 11 und in L. 21 für „Quarz in Calcit“ typische Maximum um den Pol von b ist andeutungsweise vorhanden und wird von zwei Maxima, die auf einem Kleinkreis zirka 30° um b liegen, vertreten. Besetzungen um den Pol von b sind u. a. als Regel von „Quarz in Calcit“ bekannt und als Regelung nach der Korngestalt aufgefaßt (L. 21). Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. Sander (siehe auch L. 26) ist auch ihre Zuordnung zu konischen Flächen rings um b des Gefüges

diskutabel. Die Analogie mit „Quarz in Calcit“ entfällt im vorliegenden Falle, da im „Quarz in Quarz“-Gefüge (D 10) die Besetzung des Maximums um b noch deutlicher zum Ausdruck kommt als im „Quarz in Calcit“-Gefüge. Daneben zeigt D 10 eine Verteilung der Achsen über das ganze Diagramm, mit Bevorzugung des linken oberen und rechten unteren Quadranten des durch (ab) und (bc) geteilten Zeichenkreises (ac). Am stärksten tritt auch hier wieder das in (bc) gelegene, vom Maximum III zirka 20° gegen c hin verschobene Maximum auf. Es bestehen daher zum Unterschiede von den Fällen L. 11, L. 21 keine wesentlichen Unterschiede zwischen dem „Quarz in Quarz“- und „Quarz in Calcit“-Gefüge. Der letzte regelnde Einfluß, der für Calcit noch wirksam war, hat nicht zu einer besonderen „Quarz in Calcit“-Regel geführt.

Vergleichen wir nun noch Calcitlamellen und Glimmerdiagramm, so läßt sich der gemeinsame s-Flächenplan (D 3) mit b als Schnittgerader erkennen: s ist sowohl von e des Calcits als auch von (001) des Glimmers deutlich besetzt, s_1 ist vorwiegend einem e von Körnern mit mehreren Lamellenscharen zugeordnet, s_2 hingegen durch Glimmer und Calcit mit nur einer Lamellenschar gebildet. Bei Betrachtung der Gefügeregel ist zunächst zu beachten, daß die Regel der sichtbaren Lamellen unter Umständen auch nur der Ausdruck einer letzten Deformationsphase sein kann (L. 18). Die Einregelung der e-Flächen wird vom Diagramm der zugehörigen Achsen nur undeutlich abgebildet: s des Gefüges ist deutlicher durch die e-Flächen als durch die Achsen gegeben. Der Marmor Glocknerstraße zeigt die Merkmale eines zweischarigen B-Tektonits und kann aufgefaßt werden als B-Tektonit mit größten Drucken normal B und diesen Drucken zugeordneten Gefügleitflächen (s, s_1 , s_2). Die Symmetrie des Gefüges kann im Hinblick auf die ungleiche Stärke der Besetzungen als monoklin fast rhombisch angesprochen werden.

Es wurde in diesem Schliß auch in dem für die AVA benützten Bereich die Frage der Achsendivergenz der einander berührenden Nachbar-Körner = „N-Körner“ behandelt und an einzelnen Beispielen das Verhalten der N-Körner und der einander nicht berührenden „O-Körner“ gegenüber der örtlich ermittelten mittleren Achsendivergenz sämtlicher Körner festgestellt (L. 11, S. 396—398). Zunächst wurden vom ganzen betrachteten Bereich (1827 Körner) die Achsendivergenzen aller N-Körner (3862 Paarungen) ermittelt. Es zeigt sich, daß keiner der ermittelten Werte eine bemerkenswerte Vorrangstellung einnimmt (keine Zwillingsbildung). Die daraus berechnete mittlere Achsendivergenz beträgt 51° . Vergleicht man dazu den von O. Schmidegg errechneten Wert von 33° (L. 11, S. 363) als mittlere Achsendivergenz für Körner, wenn diese mit e in eine Ebene eingestellt sind, so ergibt sich, daß meine Messung eben nicht nur solche Körner erfaßt hat, wie ja auch das Diagramm der Lamellen zeigt. Sodann wurden an 11 Stellen des Schliffes geschlossene Körnergruppen von 6 bis 13 Körnern ausgewählt, die gemessenen Achsenlagen dem Diagramm entnommen und die Achsendivergenz der N- und O-Körner ermittelt und getrennt übersichtlich gemacht. Nun wurde von jeder der 11 untersuchten Stellen des Schliffes die mittlere Achsendivergenz sämtlicher Körnerpaare ermittelt und dann die jeweils unter die mittlere Achsendivergenz einer Körnergruppe fallenden Prozente an N- und O-Körnern in Übersicht gebracht. Als maximale Achsendivergenz wurde die größte ermittelte

Achsendivergenz einer Körnergruppe, als minimale Achsendivergenz die kleinste einer Körnergruppe festgestellte — getrennt für N- und O-Körner — bezeichnet. Es ergeben sich Verhältnisse, wie sie teilweise schon in L. 11, S. 396—398 festgestellt wurden:

- a) Die maximale Achsendivergenz der Körner einer Gruppe schwankt bei Betrachtung aller Gruppen bei N-Körnern zwischen $19-90^\circ$, bei O-Körnern zwischen $24-90^\circ$. Das Mittel beträgt sowohl für N- als auch für O-Körner 72° ; es ist somit in der maximalen Achsendivergenz kein Unterschied zwischen N- und O-Körnern.
- b) Die minimale Achsendivergenz der Körner einer Gruppe schwankt bei Betrachtung aller Gruppen bei N-Körnern zwischen $0-22^\circ$, bei O-Körnern zwischen $0-21^\circ$. Das Mittel beträgt für N-Körner 8° , für O-Körner 7° ; es ist also auch kein Unterschied in der minimalen Achsendivergenz zwischen N- und O-Körnern zu finden.
- c) Die mittlere Achsendivergenz der einzelnen Gruppen bei Berücksichtigung aller Körner schwankt zwischen $12-61^\circ$ und beträgt im Mittel für N- und O-Körner 42° , zum Unterschied von den 51° , die für N-Körner vorhin ermittelt wurden.
- d) Die Beteiligung der unter die mittlere Achsendivergenz fallenden Körner ist nicht so deutlich zugunsten der N-Körner ausgeprägt wie in L. 11, S. 397; der Prozentsatz von N-Körnern, die unter die mittlere Achsendivergenz fallen, ist aber wie in l. c. immer noch größer als der der O-Körner.

Achsenverteilungsanalyse

Es wurden zwei AVA desselben Schliffes nach zwei Gesichtspunkten durchgeführt:

A. Den gegebenen Maxima zufolge wurde das Diagramm in Sektoren geteilt, ein kleiner Diagrammbereich um b dabei einer eigenen Richtungsgruppe zugeordnet (D 12 und D 12 a).

B. Es wurden nur ganz bestimmte Besetzungsbereiche für die Bildung der Richtungsgruppen herausgegriffen (D 13 und D 13 a).

Ergebnisse der Analyse nach A. (D 12 und D 12 a): Eine auf den ersten Blick eindeutige Anisotropie des Gefüges (L. 24, S. 7) ist nicht sogleich wahrnehmbar, sie läßt sich erst durch statistische Darstellung — gesondert für die einzelnen Richtungsgruppen — ermitteln, wobei zu berücksichtigen ist, daß der in der AVA vorliegende Schliffbereich ein begrenzter ist. Die statistische Darstellung der einzelnen Richtungsgruppen erfolgte auf zweierlei Art:

I. Es wurde pro Kornquerschnitt ein Punktsignal gesetzt (Einkorndarstellung), D 14, 15.

II. Für die Fläche des kleinsten Calcitkornquerschnittes wurde ein Punktsignal gesetzt; einem größeren Calcitkornquerschnitt entsprechen so viele Punktsignale, als dem Verhältnis dieser kleinsten zur größeren Fläche entspricht; dieses Punktsignal wurde ebenfalls in den Mittelpunkt der gewählten Flächeneinheit gesetzt (Stoffdichte, D 16, 17). (Zu beiden Verfahren vgl. L. 26). Zur Ermittlung der Richtungsgruppenfeinlagen

wurde hauptsächlich die unter II. angeführte Darstellung verwendet, da diese keine Rücksicht auf die Kornindividuen nimmt, sondern nur die Stoffverteilung beinhaltet und dadurch weitgehende Ähnlichkeit mit dem Gefügebild besitzt. (Vgl. zwischen I. und II. jeweils bei Behandlung der einzelnen Richtungsgruppen.)

Richtungsgruppe 1:

Deutlich tritt zunächst im Gefügebild der AVA eine h0l-Feinlage dieser Richtungsgruppe deshalb in Erscheinung, weil sie mit der Richtung der Kornlängung im Schlibbild zusammenfällt (II. der statistischen Darstellung; die Korndichte-Darstellung bringt diese Richtung nicht so deutlich zum Ausdruck); es ist also diese Richtung ein Beispiel für durch Kornlängung, nicht durch Kornzahl gekennzeichnete Feinlagenrichtung. (ab) \wedge h0l = 25°. Diese h0l-Feinlagen sind nicht lückenlos zusammenhängend, sie werden von Körnern der Feinlagen der Richtungsgruppe 2 und 3 isometrischer bis nach a gelängter Form durchbrochen. Bevorzugung einer bestimmten Korngröße der Richtungsgruppe 1 innerhalb dieser Feinlagen ist nicht zu verzeichnen. Die Längung der Körner, die diese Feinlage besetzen, folgt im wesentlichen dieser Richtung. Es zeigt diese h0l-Richtung des Gefüges nur geringe Divergenz mit der durch Messung der Calcitlamellen festgestellten Scherfläche s_2 . Betrachten wir das in D 6 festgelegte Achsenmaximum ENE, so entspricht dieses mit 26° Abstand vom Lot auf die Fläche F_1 sehr gut diesen R_1 -Feinlagen in F_1 und den in F_1 eingeregelteten (01 $\bar{1}$ 2). Die voneinander getrennten R_1 -Feinlagen in F_1 entsprechen der Zerschering des Gesteins parallel der h0l-Fläche F_1 , u. zw. nicht homogen, sondern in voneinander trennbaren Scherflächen. Sie sind nicht polymaximal. Das Achsenmaximum in NE (D 6) kann in analoger Weise auf s_2 bezogen werden, ist aber als Feinlage von R_1 undeutlicher als die Feinlage parallel F_1 . Die statistische Darstellung dieser Richtungsgruppe (Darstellung nach II., Stoffdichte) zeigt vereinzelt ein Abschnen der Maxima der h0l-Fläche nach s, einer Feinlage, die im Gefügebild der AVA kaum sichtbar wird, immer wieder unterbrochen durch h0l-Feinlagen anderer Richtungsgruppen und vorwiegend von großen Körnern besetzt ist. Neben der Ausbildung der Feinlagen zeigt diese Richtungsgruppe im AVA-Gefügebild mehrmals eine Häufung von Körnern, die von einem aus einer oder mehreren Lagen von Körnern einer anderen Richtungsgruppe bestehenden Ring umgeben ist. Es sind diese Ringe Ausdruck dafür, daß die Richtungsgruppen insulare Überindividuen bilden, um welche eine andere Richtungsgruppe als Ring erscheint. (Die Ermittlung der Richtung erfolgte hauptsächlich durch statistische Darstellung II.; die h0l-Feinlage jedoch ist auch nach Darstellung I., wenn auch undeutlich, ersichtlich.)

Richtungsgruppe 2:

Wie schon für R_1 angegeben, sind auch hier die Feinlagen nicht durchlaufend. Zwischen den Feinlagen F_1 von R_1 liegen sie ebenfalls parallel F_1 und werden als von der Einregelung „(01 $\bar{1}$ 2) parallel F_1 “ nicht erfaßte Körner betrachtet, deren Achsen folgerichtig in das Areal R_2 der Lagenkugel fallen. Das Achsenmaximum in SE und NW (D 6) ist mit einem Abstand von 10–30° vom Lot auf die Fläche F_2 und auf die Fläche s_1 beziehbar.

Parallel F_2 ergeben sich, deutlicher für Korndichte als für Stoffdichte, Feinlagen der Richtungsgruppe R_2 , welche inhomogener Zerschierung mit Einregelung von $(01\bar{1}2)$ parallel F_2 entsprechen. Parallel s_1 aber hat homogene Regelung von $(01\bar{1}2)$ ohne diskrete Zerschierung parallel s_1 stattgefunden. In der Richtungsgruppe 2 kommt es ebenfalls zu vereinzelt Ausdehnungen der Maxima nach (ab); diese sind im unausgezählten Abbild nicht sichtbar. D 17 zeigt, wie schon oben erwähnt, deutlich die kreisförmige Umrahmung von unterbesetzten Stellen durch Häufungen.

Richtungsgruppe 3:

Es sind alle Feinlagen dieser Richtungsgruppe gemäß ihrem geringen Anteil im Diagrammbereich (zirka 10%) und der verhältnismäßig geringen Besetzungsdichte äußerst stark von den Feinlagen der anderen Richtungsgruppen durchbrochen. Das Achsenmaximum in Süd (D 6) entspricht sehr gut den durch Stoffdichte und Korndichte deutlichen Feinlagen der Richtungsgruppe 3. Auch parallel s fand inhomogene Zerschierung mit Feinlagen parallel s statt, in denen stärkere Einregelung von $(01\bar{1}2)$ erfolgte.

Richtungsgruppe 4:

Die Körner dieser Richtungsgruppe liegen meist einzeln verstreut; sie in Feinlagen zusammenzufassen ist wegen ihrer geringen Zahl unmöglich.

Auch an Glimmer läßt sich eine lagenweise bzw. inselförmige Verteilung feststellen. Neben (ab) werden $h0l$ und in geringerem Maße auch $\bar{h}0l$ durch Glimmer besetzt. $h0l \wedge (ab) = 25-30^\circ$, $\bar{h}0l \wedge (ab) = 25-30^\circ$. Daneben sind, wie das oben für Calcit-Richtungsgruppen beschrieben ist, inselförmige Bereiche starker Besetzung hervorgehoben, die von nahezu glimmerfreien Ringen umgeben sind. Mithin ergeben sich folgende Beziehungen zwischen s , s_1 , s_2 , Richtungsgruppenfeinlagen und Glimmern:

Richtungsgruppe 1: Feinlage $\parallel s_2$, Feinlage $F_1 \wedge s = 35^\circ$ ($h0l$).

Richtungsgruppe 2: Feinlage $F_1 \wedge s = 35^\circ$ ($h0l$), Feinlage $F_2 \wedge s = 50^\circ$ ($\bar{h}0l$), Feinlage $\parallel s_1$.

Richtungsgruppe 3: Feinlage $\parallel s$.

Glimmer: Mit Masse $\parallel s$, häufig Lage $\parallel s_2$, vereinzelt Lage $\parallel s_1$.

Beachtet man die Richtung, in welcher im Falle F_1 , F_2 , s_1 und s_2 die auf die $(01\bar{1}2)$ -Lothäufungen bezogenen Achsenhäufungen verschoben sind und nimmt man an, daß die Translation in $(01\bar{1}2)$ gegen die Achse hin erfolgte, so ergeben sich gleichsinnige Relativbewegungen in F_1 und s_2 , nicht aber in F_2 und s_1 . Die Relativbewegung in F_1 , s_2 einerseits und in s_1 andererseits wäre auf eine Pressung senkrecht auf s beziehbar, nicht so aber die Relativbewegung in F_1 , s_2 einerseits und F_2 andererseits. Für s läßt sich kein Relativsinn ablesen.

Wie schon oben erwähnt, beruht der wesentliche Unterschied in den beiden Arten der statistischen Darstellung darauf, daß sich die Unterscheidung im Zustandekommen der Feinlagen — ob die Kornzahl maßgeblich daran beteiligt oder die Kornlänge vornehmlich zu Worte kommt — darin zu erkennen gibt. Augenscheinlich wird das dadurch, daß die Feinlagen der Richtung $h0l$ hauptsächlich in den Diagrammen der Stoffdichte (D 16, 17), also durch die Korngestalt zum Ausdruck kommen, während die nur in einem Falle gut ausgebildete Richtung $\bar{h}0l$, die der Kornzahl

ihre Entstehung verdankt, ihren deutlichen Ausdruck in der Korndichtedarstellung (D 15) erfährt. Auch die Feinlage in (ab), die durch das Gefügebild der AVA schwer sichtbar wird, und deren Erkennen durch vereinzelte gelängte Kornquerschnitte in (ab) ermöglicht wird, läßt sich in den Diagrammen der Stoffdichte nachweisen; die zirkuläre typisch B-axiale Anordnung der Richtungsgruppen hingegen ist in D 15 und D 17 (I und II) zu erkennen.

Ergebnisse der Analyse B (D 13 und 13 a):

Die Analyse nach diesem Gesichtspunkt zeigt Verhältnisse, die sich denen von Punkt A vergleichen lassen, nur sind die Feinlagen wegen der geringeren an der Analyse beteiligten Körner noch unklarer. Es kommt in D 13 die Anisotropie und Inhomogenität des Gefüges weniger deutlich zur Geltung als in D 12. Zum Erkennen der Feinlagen ist es notwendig, die Areale, die mit Schraffen derselben Richtung, aber verschiedener Stärke bezeichnet sind, zusammenzulesen. Die durch die Richtung der Kornlänge besser vorgezeichnete Feinlage h0l tritt als einzige deutliche hervor und wird von Körnern der Richtungsgruppen 1—3 beliefert, ist also poly-maximal. Feinlage (ab) ist durch die Körner, deren Achsenlagen in den Bereich der Richtungsgruppe 3 des Diagramms fallen, besonders deutlich gekennzeichnet und kann auch für Richtungsgruppe 2 erkannt werden, während die Richtungsgruppe 1 sich an dieser Feinlagenrichtung nicht sichtlich beteiligt; h0l wird in diesem Gefügebild von Richtungsgruppe 2 und undeutlich auch von Richtungsgruppe 3 besetzt. An jeder dieser Feinlagen beteiligen sich Körner sämtlicher Korngrößen. Das Auftreten von Inseln stärkerer Besetzung, wie oben erwähnt, ist, wenn auch ganz vereinzelt, nachweisbar. Der Bereich der Richtungsgruppe 4 wurde in beiden AVA gleich belassen; es gilt daher das oben Erwähnte.

Ein Vergleich über die Beteiligung der einzelnen Richtungsgruppen an den Feinlagen ergibt:

AVA nach Punkt A. (Analyse D 12)

Richtungsgruppe 1: Deutliche Feinlagen in h0l (F₁).

Richtungsgruppe 2: Deutliche Feinlagen in h0l, weniger deutlich in h̄0l (F₂).

Richtungsgruppe 3: Wenig deutliche Feinlagen in (ab).

AVA nach Punkt B. (Analyse D 13)

Richtungsgruppe 1: Deutliche Feinlagen in h0l (F₁).

Richtungsgruppe 2: Deutliche Feinlagen in h0l (F₁), weniger deutlich in h̄0l (F₂).

Richtungsgruppe 3: Wenig deutliche Feinlagen in (ab).

Also: Kein wesentlicher Unterschied im Gefügebild der AVA nach beiden Gesichtspunkten.

Die oben durch Diagramme ermittelte Zweischarigkeit bzw. Ungleichscharigkeit des Marmors Glocknerstraße kommt auch im Gefügebild der AVA zum Ausdruck. Es sind h0l- bzw. h̄0l-Flächen vorhanden, wobei h0l h̄0l bei weitem übertrifft.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Die im Innsbrucker Institut durch L. 26 eingeführten Behelfe zur Korngefügeanalyse, namentlich AVA, wurden auf einen in der Tauernhülle verbreiteten Glimmermarmor angewendet. Die Hauptaufgabe war, an einem weitverbreiteten Typus von Calcit-Tektoniten zur Frage beizutragen, ob auch an kristallinen Calcit-Tektoniten Inhomogenitäten auftreten können, welche mit den Richtungsgruppen in Feinlagen an kristallinen Quarz-Tektoniten vergleichbar sind. Diese Frage ist zu bejahen. Es treten mehrere Inhomogenitätsflächen, sowohl durch das Vorwalten einzelner Minerale, als durch das Vorwalten bestimmter Drehlagen der Körner (Richtungsgruppen in Feinlagen), auf, neben den nicht durch die Inhomogenität, sondern nur durch die Anisotropie gegebenen Richtungen.

s-Flächen sind gegeben:

1. Durch Calcitlamellen, Glimmer, R Gr 1 = s_2 inhomogen.
2. Durch Calcitlamellen, Glimmer, R Gr 1 = s inhomogen.
3. Durch Calcitlamellen, Glimmer, s_1 homogen
4. R Gr 1, R Gr 2, inhomogen.
5. R Gr 2, inhomogen.

In dieser Übersicht ist zu bemerken:

Zu 1: (s_2) Für Calcitlamellen und Glimmer ist Verteilung als stofflich inhomogene Lagen (parallel s_2) nicht nachgewiesen; für Quarz angedeutet (D 13). Zu den in s_2 eingeregeltten Calcitlamellen gehört die Richtungsgruppe R_1 der Calcitachsen. Diese bildet (siehe D 16 und D 14) inhomogene Feinlagen (nach R_1) parallel s_2 . Zwischen diesen Feinlagen kommen Lagen parallel s_2 aus Körnern der Richtungsgruppe R_2 zustande, auch ohne daß hierfür eine Einregelung dieser Körner angenommen wird (D 15, 17). Dies zeigt die Überlagerung von D 16 auf D 17 und von D 14 auf D 15. Inhomogene Mineralverteilung in Lagen parallel s_2 ist nicht nachgewiesen und nicht ersichtlich, allerdings nicht statistisch geprüft. Alle Merkmale, die s_2 wahrnehmbar machen, sind durch Einregelung in eine Scherfläche möglich.

Zu 2: (s) Calcitlamellen und Glimmer sind sehr betont in s eingeregelt, Feinlagen parallel s mit Richtungsgruppe R_1 nicht deutlich. Das Fehlen eines Calcitachsenmaximums im Lot auf s (siehe D 6), die starke Einregelung von Calcitlamellen parallel s (siehe D 1) sprechen für die Betätigung von s als Scherfläche, nicht als Plattungsebene. Inhomogene Minerallagen parallel s sind im Bereich der AVA nicht deutlich. s ist als Scherfläche betätigt. Für den Ansatz der Beschreibungskoordinaten abc wurde s als (ab) gewählt wegen der leichten Spaltbarkeit parallel s (bedingt durch D 1 und D 2 und durch glimmerreichere Lagen im Gestein größeren Bereiches).

Zu 3: (s_1) Scherfläche mit Calcitlamellen und Glimmer parallel s_1 , aber ohne Feinlagen mit Richtungsgruppen und ohne deutlich inhomogenen Lagenbau parallel s_1 .

Zu 4 und 5: Den Feinlagen dieser Richtungsgruppen entspricht kein wahrnehmbares Maximum für Calcitlamellen und Glimmer, sondern nur Inhomogenität der Richtungsgruppenfeinlagen.

Erläuterung zu den Diagrammen

(alle Diagramme \perp b)

D 1: Calcit, Lamellensammeldiagramm, eine Lamelle je Korn, summiert aus D 4 und D 5, 1337 Pole; $4\frac{1}{2} - 3\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$, 0%.

D 2: Glimmer, 160 Pole; $11 - 7 - 5 - 3 - 1$, 0%.

D 3: s — Flächenplan für Calcit und Glimmer und Feinlagen der Richtungsgruppen R_1 und R_2 .

..... = Richtungsgruppe R_1 ,

— ... — = Richtungsgruppe R_2 ,

———— = Calcitlamellen und Glimmer,

— — — = Pol zu s_1 und s_2 .

Die Besetzungen sind Achsenmaxima (vgl. auch D 6).

D 4: Calcit, Lamellen von Körnern mit nur einer Lamelle, 777 Pole; $5 - 4 - 3\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$, 0%.

D 5: Calcit, Lamellen von Körnern mit zwei und mehr Lamellen; gemessen wurde nur eine Lamelle; $6 - 4 - 3 - 2 - 1$, 0%.

D 6: Calcit, c-Achsensammeldiagramm, 1827 Pole; $2\frac{1}{2} - 2 - 1\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2} - 1 - \frac{1}{2}$, 0%.

D 7: Calcit, c-Achsendiagramm zu D 4; $3 - 2\frac{1}{2} - 2 - 1\frac{1}{2} - 1$, 0%.

D 8: Calcit, c-Achsendiagramm zu D 5; $2\frac{1}{2} - 2 - 1\frac{1}{2} - 1 - \frac{1}{2}$, 0%.

D 9: Calcit c-Achsendiagramm der Körner ohne sichtbare Lamelle, 451 Pole; $2\frac{1}{2} - 2 - 1\frac{1}{2} - 1 - \frac{1}{2}$, 0%.

D 10: Quarz, c-Achsendiagramm, „Quarz in Quarz“-Gefüge, 212 Pole; $5 - 4 - 2\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2} - 1$, 0%.

D 11: Quarz, c-Achsendiagramm, „Quarz in Calcit“-Gefüge, 136 Pole; $5 - 4 - 3 - 1\frac{1}{2} - 1$, 0%.

D 12: AVA (Richtungsgruppen nach Sektoren), siehe D 12 a.

D 12 a: Gliederung des Diagramms D 6 nach einzelnen Richtungsgruppen (R_1 — R_4) und Anordnung der Strichmuster für die einzelnen Richtungsgruppen der Achsenverteilungsanalyse D 12.

D 13: AVA (Richtungsgruppen nach Maxima), siehe D 13 a.

D 13 a: Gliederung des Diagramms D 6 nach einzelnen Richtungsgruppen (R_1 — R_4) und Anordnung der Strichmuster für die einzelnen Richtungsgruppen der Achsenverteilungsanalyse D 13.

D 14: Statistische Auszählung der Richtungsgruppe 1 nach Korndichte; 669 Körner; $8 - 5 - 3 - 1$, 0%; Auszählkreis $\frac{1}{2}$ % der Gesamtfläche, Abstand der Auszählzentren 2 cm.

D 15: Statistische Auszählung der Richtungsgruppe 2 nach Korndichte; 906 Körner; $7 - 5 - 3 - 1$, 0%; Auszählkreis $\frac{1}{2}$ % der Gesamtfläche, Abstand der Auszählzentren 2 cm.

D 16: Statistische Auszählung der Richtungsgruppe 1 nach Stoffdichte; 5002 Punkte; $5 - 4 - 3 - 2$, 0%; Auszählkreis $\frac{1}{2}$ % der Gesamtfläche, Abstand der Auszählzentren 2 cm.

D 17: Statistische Auszählung der Richtungsgruppe 2 nach Stoffdichte; 7204 Punkte; $5 - 4 - 3 - 2 - 1$, 0%; Auszählkreis $\frac{1}{2}$ % der Gesamtfläche, Abstand der Auszählzentren 2 cm.

Literaturverzeichnis

1. Sander, B.: Über Zusammenhänge zwischen Teilbewegung und Gefüge in Gesteinen. Tschermarks Min. u. Petr. Mitteil., Bd. 30, 1911.
2. Sander, B.: Feinschichtung, Teilbewegung und Kristallisation im Kleingefüge einiger Tiroler Schiefer, Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt Wien, Bd. 64, 1914.
3. Sander, B.: Über einige Gesteinsgefüge, Tschermarks Min. u. Petr. Mitteil., Bd. 33, 1915.
4. Sander, B.: Zur petrographisch-tektonischen Analyse I. Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt, Bd. 74, 1923.
5. Becke, F.: Struktur und Klüftung. Fortschritte Mineralogie, Bd. 9, 1924.
6. Sander, B.: Zur petrographisch-tektonischen Analyse II. Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt Wien, Bd. 75, 1925.
7. Schmidt, W.: Gefügestatistik. Tschermarks Min. u. Petr. Mitteil., Bd. 33, 1925.
8. Sander, B.: Über das Gefüge einiger Gesteinsfalten. Zentralblatt f. Min., Jahrb. 1926, Abt. B, Nr. 5.

9. Sander, B.: Rückblick auf die Entwicklung einiger Begriffe der neueren Gesteinskunde I. und II., Geol. Archiv München, Jahrg. 4, H. 1 u. 3, 1926.
10. Schmidt, W.: Gefügesymmetrie und Tektonik. Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt Wien, Bd. 76, 1926.
11. Sander, B. (mit Schmidegg): Zur petrographisch-tektonischen Analyse III. Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt, Bd. 76, 1926.
12. Schmidt, W.: Zur Quarzgefügeregel. Fortschritte Mineralogie, Bd. 11, 1927.
13. Schmidt, W.: Untersuchungen über die Regelung des Quarzgefüges kristalliner Schiefer. Fortschritte Mineralogie, Bd. 11, 1927.
14. Sander, B. (mit Schmidegg und Korn): Über einige Glimmergefüge. Notizblatt d. Hessischen Geol. Landesanstalt zu Darmstadt 1927, 5. Folge, H. 10.
15. Sander, B. (mit Schmidegg und Felkel): Vorläufiger Bericht über Ergebnisse im mineralogisch-petrographischen Institut Innsbruck ausgeführter Gefügeanalysen. Zeitschrift für Kristallographie, Bd. 65, 1927.
16. Schmidegg, O.: Über geregelte Wachstumsgefüge. Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt Wien, Bd. 78, 1928.
17. Sander, B. (mit Korn): Über einen Fall von Kristallisationsschieferung mit Internregelung. Neues Jahrbuch Mineralogie, Beilageband 57, Abt. A, 1928.
18. Sander, B.: Über Tektonite mit Gürtelgefüge. Fennia 50, Nr. 14. Helsinki 1928.
19. Sander, B. (mit Felkel und Drescher): Festigkeit und Gefügeregel am Beispiele eines Marmors. Neues Jahrbuch Mineralogie, Beilageband 50, Abt. A., 1929.
20. Felkel, E.: Gefügestudien an Kalktektoniten. Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt Wien, Bd. 79, 1929.
21. Sander, B.: Gefügekunde der Gesteine. Wien, Springer 1930.
22. Sander, B.: Zur Kinematik passiver Gefügeregelungen, Zeitschrift für Kristallographie, Abt. A, Bd. 81, 1932.
23. Sander, B.: Gesteinsgefüge. Handwörterbuch d. Naturwissenschaften, 1933.
24. Sander, B.: Fortschritte der Gefügekunde der Gesteine. Fortschritte Mineralogie, Bd. 18, 1934.
25. Ramsauer, H.: Achsenverteilungsanalysen an Quarztektoniten. Innsbruck 1941.
26. Sander, B.: Einführung in die Gefügekunde der Geologischen Körper, Bd. II, Wien, Springer 1950.
27. Ladurner, J.: Zur Kenntnis von Korundgefügen (Achsenverteilungsanalyse an Naxos-Smirgel) Neues Jahrb., Min. Abh., Bd. 84, Stuttgart 1952.

