

Gefügesymmetrie und Tektonik.

Von Dr. Walter Schmidt, Leoben.

(Mit 19 Diagrammen.)

Die folgende Arbeit bildet die Fortsetzung einer Untersuchung, die ich als „Gefügestatistik“ in Tschermaks Mitteilungen, Bd. 38, S. 392, niedergelegt habe. Es handelt sich um die Frage der „Regelung“ eines Gesteingefüges, um die Frage, welche Lagen Mineralien in einem Gesteinkörper bevorzugen und wie diese Vorliebe für Sonderlagen durch die Geschichte des Gesteins erklärbar ist. In unserem besonderen Falle dreht es sich um die Regelung des Quarzes im Gestein, also um eine scharfe Erfassung der „Trener-Sanderschen Regel“.

Während im oben genannten Werke besonders die methodische Seite des Verfahrens hervorgehoben ist, soll hier hauptsächlich die Bedeutung der Ergebnisse für die Tektonik hervorgehoben werden. Daß die dritte mögliche Betrachtungsweise, die Auswertung der Ergebnisse für Feinbaufragen der untersuchten Mineralien, noch mit Zurückhaltung behandelt wird, hat seine Ursache in der Erkenntnis, daß die Erfahrungen wohl noch zu wenig umfangreich sind, um alle Möglichkeiten zu erschöpfen.

Die Regelungen, die im folgenden besprochen sind, sind „passive“ Regelungen im Sinne Sanders, solche, die bei einer nachträglichen Umformung des Gesteins entstanden sind, nicht „aktive“, die irgend-einem gerichteten Einflusse bei der ersten Entstehung des Gesteins entsprechen.

Die Wurzel der Übertragbarkeit der Ergebnisse der Gefügeforschung auf Schlüsse, die Tektonik betreffend, liegt im Satze Sanders von der Korrelation zwischen Gefüge und Tektonik. Das Gefüge, das im Laufe einer geologischen Geschichte an einer bestimmten Gesteinstelle entsteht, ist bedingt — außer von vorher schon vorhandenem Gefüge von Temperatur und Gemeindruck — insbesondere von der Verlagerung der dieser Stelle unmittelbar benachbarten Gesteinsteile gegen diese selbst. Soweit man nun die erste Möglichkeit ausschalten kann (Abbildung), ist unter den übrigen Größen diese Verlagerung die einzige gerichtete; in gerichteter Regelung kann sich also nur die Verlagerung aussprechen. (Verlagerung hier zunächst ganz allgemein betrachtet, so daß auch ein nicht allseitiger Beanspruchungszustand als Ergebnis eines Verlagerungsvorganges mitangesehen wird.)

Es erwächst der Satz der Korrelation weiter aus der Erkenntnis, daß in weiten tektonischen Bereichen die Bewegungsvorgänge Differentialbewegungen sind, wo der Weg, den ein Gesteinkörper gegen seinen

tiefsten Untergrund zurücklegt, die Summe einer unendlichen Anzahl von Teilbewegungen darstellt, die sich im Gebirge dazwischen abspielen wie beim Fließen eines Stromes.

Das, was wir also oben als Verlagerungen beschrieben haben, ist nichts anderes als die Differentiale, aus denen sich eine tektonische Großbewegung als Integrale aufbaut.

Es lehrt aber die Erfahrung, daß weitgehend — und abweichende Fälle sind wohl als solche erkennbar — diese Differentiale der Bewegung innerhalb derselben tektonischen Einheit gleichgerichtet und gleichsinnig sind mit denen der Großbewegung, diese ist also nicht ein Integral von Teilgrößen verschiedener Richtung oder gar Vorzeichen (wohl aber kann die Größe der Differentiale gesetzmäßig schwanken, Gleitbretterbildung). Dies setzt uns in die Lage, aus dem Ergebnis der Untersuchung eines Schriffes auf Richtung und Sinn der Großtektonik Schlüsse zu ziehen.

Es ist also Grundbedingung, daß die tektonische Bewegung eine gleichsinnige Differentialbewegung ist.

Ebenso unerläßlich ist es, daß diese Methode orientierte Schriffe erfordert, um den Schritt aus dem Gefügebild zur Natur zurückmachen zu können.

Die für unsere folgenden Untersuchungen wesentlichen Begriffe der Gefügeregelung — hier Richtungsregelung — und Gefügesymmetrie, ergeben sich vielleicht am besten aus der den Bildern zugrunde liegenden Darstellungsart auf der „Lagenkugel“.

Denkt man sich das zu untersuchende Gesteinstück im Mittelpunkte einer Kugel, denkt man ferner die Richtungen, deren räumliche Anordnungen man untersuchen will — also hier die optischen Achsen von Quarz oder die Normalen auf die Glimmerspaltflächen — durch den Mittelpunkt der Kugel gelegt, so schneidet jede dieser die Kugeloberfläche in zwei Punkten, die die Symbole dieser Richtung darstellen (Ober- und Unterhälfte der Kugel sind also jeweils gegengleich).

Ist jede Lage für das betreffende Mineral gleich wahrscheinlich, so wird die Kugel regellos mit solchen Durchstoßpunkten bestreut sein; sind besondere Lagen wahrscheinlicher (ist also „Regelung“ vorhanden), so wird in der Umgebung dieser Stellen die Punktbesetzung dichter erscheinen als an anderen. Es kommt also darauf an, solche Flächenbesetzungen statistisch zu ermitteln.

Untersuchung sowie Darstellung verlangen es, daß man nicht an der Kugel, sondern auf ihrer Darstellung in der Ebene arbeitet.

Die Bildebene ist jeweils die Ebene des Schriffes.

Zur ebenen Darstellung einer solchen Lagenkugel hat man alle die Freiheiten, deren sich auch die Geographie zur Darstellung der Erdkugel auf der Ebene bedienen kann. Für unseren Fall ist die flächentreue Azimutalprojektion die gegebene (vgl. z. B. Zöppritz, Bludau Leitfaden der Kartenentwurfslehre). Eine flächentreue Projektion muß gewählt werden, weil es darauf ankommt, die Besetzungsdichte der Flächeneinheit der Kugel mit Punkten festzustellen; ich kann dann diese Feststellung auf der Karte genau so vornehmen, da in diesem Entwurfe

eben der Flächeninhalt des Bildes einer Fläche gegenüber ihrem Inhalte auf der Kugel maßstabrichtig gleich dargestellt wird, wenn auch die Gestalt verzerrt erscheint. Daß eine azimutale Projektion gewählt wurde, ist sehr naheliegend, da die Vermessung der Schiffe im Universalstisch die Lagen der Richtungen in Kugelkoordinaten, Länge und Breite angibt und bei dieser Darstellung wenigstens die Länge unverzerrt dargestellt wird.

Es sind also die folgenden Bilder nicht als stereographische Projektionen aufzufassen, die in der Mineralogie üblich sind und mit unserer Darstellung äußerliche Ähnlichkeiten aufweisen, da auch sie azimutal sind. (Zum Erfassen der Darstellung diene folgendes: Denkt man sich den Mittelpunkt als Pol, so folgen die Breitenkreise von etwa 10° Unterschied in nach außen langsam abnehmendem Maßstabe. Bei der stereographischen Projektion dagegen nimmt der Abstand der Breitenkreise nach außen bis auf das Doppelte zu.)

Für unsere Zwecke ist die stereographische Projektion eben unwendbar, da dieselbe Fläche auf ihr viermal so groß dargestellt wird, wenn sie am Rande zur Darstellung kommt als in der Mitte des Bildes.

Es sei darauf hingewiesen, daß diese flächentreue Projektion überall dort sich empfiehlt, wo es auf solche statistische Erfassung von Richtungshäufigkeiten ankommt, z. B. zur Darstellung von Kluftsystemen usw.

Die Darstellung ist so gewählt, daß die Bilder als Einblick in Hohlkugeln gedacht sind. Dabei sind sie so angeordnet, daß die Spur der Schieferung als Horizontale durch den Mittelpunkt verläuft — es wurde immer mit Schlifften senkrecht zur Schieferung gearbeitet —, daß die Hangendseite des Stückes im Bilde oben liegt. Die Weltgegenden, die den Bildern beiderseits zugefügt sind, geben das Streichen des Schliffes an.

Die Methode der Vermessung ist in Tschermaks Mitteilungen, Bd. 38, ausführlich behandelt. Kurz ist der Gang der Untersuchung folgender: Das Universalmikroskop gestattet die Einstellung jedes Quarzkornes mit seiner Achse oder der darauf senkrechten Ebene eindeutig in die Mikroskopachse, die Teilkreise des Tisches geben dann nach Länge und Breite die Verdrehung an, welche ich hiezu dem Schlifffe erteilen mußte. Mit diesen Angaben kann ich den einen Durchstoßpunkt der Achse in mein Bild eintragen. Es kommt nun darauf an, möglichst viele derartige Eintragungen zu machen, wobei ich die Richtung des Schliffes gegen den 0-Meridian meiner Längenmessung — Index des Längenkreises — nicht ändern darf (Parallelführung des Schliffes).

Dieser Polplan wird dann statistisch ausgewertet, indem man an entsprechend vielen Punkten durch Auflegen eines Kreises, dessen Fläche 2% der Halbkugelfläche ausmacht, die Punktzahl bestimmt, die in diese Fläche fallen (die Ausmessung mit 1% der Fläche, die ich früher verwendete, macht den Eindruck zu großer Genauigkeit). Diese Zählungen, umgerechnet auf 1% und auf Promille der vermessenen Punkte, gibt dann für verschiedene Untersuchungen vergleichbare Dichten, die als Dichtepläne dargestellt wurden, indem man Flächen umgrenzte, deren Dichte sich innerhalb festgesetzter Grenzen hielt: 0—5, 5—10, 10—20, 20—30, 30—40 und über 40% auf 1% der Halbkugelfläche. Die

Grenzlinie der Felder 5—10 und 10—20 ist damit die Grenze der unterbesetzten und überbesetzten Gebiete.

Der erste Eindruck, den man von den Bildern erhält, ist wohl der, daß gewisse Lagen immer bevorzugt sind, daß also immer Regelung vorhanden ist, daß diese aber bei durchgearbeiteten Gesteinen besonders ausgesprochen erscheint (über Aktivregelungen sind Arbeiten der Schule Sanders in Aussicht).

Die zweite Erfahrung ist die, daß unsere Bilder gewisse Symmetrieeigenschaften erkennen lassen. Durch die meisten lassen sich ähnliche Symmetrieelemente legen, die wir aus der Kristallographie kennen, Drehachsen, Symmetrieebenen, ein Symmetriezentrum ist an und für sich immer vorhanden, da die optischen Achsen nicht polar sind.

Dies führt zum Begriffe der Gefügesymmetrie, daß in einem Gesteine verschiedene Richtungen nicht bloß ungleichwertig sein können, wie die Tatsache der Regelung ausspricht, sondern daß es auch gleichwertige gibt, die sich nach den Regeln der geometrischen Symmetrie anordnen.

Es ist der Begriff der Gefügesymmetrie in der Gesteinwelt schon verschiedentlich behandelt worden, so bei Sander, „Zur petrographisch-tektonischen Analyse“, Jahrb. Geol. Bundesanstalt, Wien 1923, S. 206, Becke, „Struktur und Klüftung“, Fortschritte der Mineralogie usw. 1924, S. 212, Schmidt, „Bewegungsspuren in Porphyroblasten krist. Schiefer“, Sitzber. Akad. d. Wiss., Wien 1918, S. 297, „Gesteinumformung“, S. 52. Zum gleichen Begriffe der Gefügesymmetrie haben auch die Untersuchungen der Metallographen geführt, die mit dem Mittel der Röntgenuntersuchung sowohl aktive als passive Regelungen an Metallen erforschten. Es hat hier insbesondere Weißenberg, „Zur Systematik und Theorie von Wachstums- und Deformationsstrukturen“, Zeitschrift für Kristallographie 61, 58, durch Ableitung sämtliche Fälle aufgestellt, in welchen bei kristallinen Gefügen Symmetrieelemente zusammentreten können.

Zur Beurteilung der Symmetrie unserer Bilder sei noch folgendes bemerkt: Die Regelung des Gesteins ergibt eine gewisse Besetzung der Lagenkugel, die immer gleich erscheinen soll, gleichgültig, an welchem Schliff dieses Gesteins ich die Vermessung vornehme. Das ebene Bild dieser Lagenkugel wird aber durchaus verschieden aussehen, je nach der Wahl der Bildebene, also der Schliffbene. Auch wenn die Verteilung auf der Lagenkugel symmetrisch ist, so kann doch das ebene Bild unsymmetrisch aussehen; es wird nur dann selbst symmetrisch erscheinen, wenn die Bildebene senkrecht zu einem Symmetrieelement der Lagenkugel steht. Daß bei den folgenden Untersuchungen meistens auch die Bilder selbst symmetrisch erscheinen, hat also einen besonderen, später weiter zu erörternden Grund.

Aus der unveränderlichen Gegebenheit der Verteilung auf der Lagenkugel ergibt es sich aber, daß man immer, wenn die Projektion auf eine Ebene gegeben ist, konstruktiv das Bild ermitteln kann, welches die Kugel auf einer anderen, gegen die erste verdrehte Ebene erzeugen würde. Solche „Verdrehungen“, wenigstens um Achsen, die durch den

Grundkreis gehen, lassen sich sogar sehr leicht durchführen, wenn man sich eines vollständigen transversalen Gradnetzes in flächentreuer Darstellung bedient, ähnlich wie das Wulffsche Netz der stereographischen Projektion. Dies ist ein Gradnetz mit Meridianen und Parallelkreisen, bei dem die Pole im Grundkreise liegen (Tschermaks Mitteilungen, Bd. 38, S. 396, Fig. 1). Legt man das Netz so über das Bild, daß die Pole auf die beabsichtigte Drehachse fallen, so geben die Parallelkreise die Bahnen, auf denen die Punkte des Bildes bei der Verdrehung wandern; man kann also das Bild Punkt für Punkt um eine gewünschte Anzahl Grade „hinüberschieben“. Hat man also ein unsymmetrisches Bild erhalten, so kommt es darauf an, zu beurteilen, ob es nicht durch eine solche Verdrehung zu einem symmetrischen zu gestalten ist (vgl. S. 417, Fig. 2).

Untersuchen wir nun, welche Grade der Symmetrie in unseren Gefügen vertreten sind.

Nicht in unseren Bildern vertreten und auch sehr selten ist vollkommenes Fehlen der Symmetrie der Kugelbesetzung eben mit Ausnahme des immer vorhandenen Symmetriezentrums. Wir können diesen Symmetriegrad als triklone Symmetrie nach der ganz ähnlichen Ordnung der Holoedrie des gleichbenannten Kristallsystems bezeichnen.

Die zweite Möglichkeit, die gefunden wurde, ist ein Gefüge, das eine einzige Symmetrieebene aufweist, die ausnahmslos senkrecht zur Schieferung steht. Dies ergibt zusammen mit dem immer vorhandenen Symmetriezentrum eine in der Schieferungsebene liegende zweizählige Drehachse. Der Ordnungsgrad ist also ganz ähnlich wie der des monoklinen Kristallsystems, weshalb auch dieses Gefüge als monoklines Gefüge geführt werden soll. Ist die Bildebene so gewählt, daß sie auf der Symmetrieebene senkrecht steht, so ist auch das Bild spiegelgleich nach dem Durchmesser, als der die Spur der Spiegelebene mit der Kugel erscheint. Ist dagegen die Bildebene die Spiegelebene selbst, so muß die Verteilung die auf Bildmitte senkrecht stehende zweizählige Drehachse deutlich erkennen lassen.

Weit häufiger sehen wir in solchen Gefügebildern noch höhere Ordnung, wir sehen nicht bloß eine, sondern drei Spiegelebenen, die aufeinander senkrecht stehen, eine davon ist die Schieferungsfläche. Damit werden auch die Schnittgeraden dieser Ebenen zu drei zweizähligen Drehachsen. Wir nennen diese Ordnung im Anschluß an das betreffende Kristallsystem rhombische Gefügesymmetrie.

Höhere Symmetrie wurde bisher bei den untersuchten Gesteinen nicht gefunden.

Nach der Systematik Weißenbergs würde unsere monokline Gefügesymmetrie ein Einzelfall seiner Pyramidenklasse für $n = 2$ sein, unsere rhombische einer seiner geradezähligen Doppelpyramidenklasse für $n = 2$.

Nun sei diesen Symmetrieeigenschaften des Kleingefüges zur Seite gestellt die im Großgefüge, im Handstück, im Aufschluß immer erkennbare Grobsymmetrie.

Gehen wir diesmal im Grade der Symmetrie vom höheren zum tieferen. Im einfachsten, dafür aber durchaus nicht häufigen Falle sehen wir im Gestein eine einzige Ebene ausgezeichnet, die Schieferungsebene; senkrecht zu ihr steht eine unendlichzählige Drehachse, jede durch sie

gelegte Ebene ist eine weitere Spiegelebene, jede Gerade in der Schieferung ist damit auch zweizählige Drehachse, die Symmetrie würde der Doppelkegelklasse Weißenbergs angehören.

Weit häufiger ist aber ein anderes Grobgefüge, dadurch ausgezeichnet, daß wohl noch immer die Schieferungsebene ausgezeichnete Ebene ist, in ihr ist aber eine Gerade ausgezeichnet als in die Augen fallende Striemung. (Ich möchte den häufigen Ausdruck Streckung hierfür vermeiden sehen, da dieses Wort meist auch Vorstellungen über Kornform, sogar über Bewegungsvorgänge unterlegt, was in der Regel erst gesondert zu untersuchen ist.)

Noch immer ist die Schieferungsebene Spiegelebene des Grobgefüges, aber man kann auf ihr nicht mehr eine unendlichzählige Drehachse senkrecht errichten, die Striemung verwehrt dies, wohl aber eine zweizählige. Von den unendlich vielen zweizähligen Drehachsen, die früher in der Schieferungsfläche lagen, bleiben nur zwei noch möglich, die Richtung der Striemung und die senkrechte darauf. Sämtliche drei Ebenen, die wir durch je ein Paar dieser Achsen legen können, sind Spiegelebenen des Grobgefüges. Wir haben also sämtliche Kennzeichen des rhombischen Gefüges.

Nehmen wir ferner an, daß die Schieferungsfläche eine Faltung, Fältelung habe, besonders wenn die Falten ungleichschenkelig sind, wie es meistens der Fall ist, dann ist die Schieferungsebene nicht mehr Spiegelebene, von den früheren zweizähligen Achsen bleibt nur eine übrig, die gleichlaufend mit den Faltenachsen, und nur eine Symmetrieebene, die normal zu den Faltenachsen. Monoklines Grobgefüge.

Im Endfalle haben wir wieder vollständiges Fehlen der Symmetrie, dies ist durchaus selten und kann in der Regel in eine Überlagerung zweier Gefügebildungen durch verschiedene tektonische Vorgänge aufgelöst werden.

Ein wesentliches, aber nicht unerwartetes Ergebnis der Feingefügeuntersuchung ist nun, daß wohl der Symmetriegrad von Grob- und Feingefüge nicht derselbe sein muß — es muß nicht einmal das Feingefüge der verschiedenen Mineralien eines Gesteins derselben Ordnung angehören. Wohl aber fällt ausnahmslos eine der Spiegelebenen des Feingefüges mit einer des Grobgefüges zusammen und zwar mit einer, die auf der Schieferung senkrecht steht; sind beide rhombisch, so decken sich alle Elemente von Grob- und Feinsymmetrie.

Den Beweis hierfür liefern die Bilderaufnahmen. Es genügte, die Schlitze nach der Grobsymmetrie einzurichten, also senkrecht zur Schieferung und senkrecht oder parallel zur Striemung, um die Symmetrie des Feingefüges auch im ebenen Bilde zum Ausdruck zu bringen, was nach dem oben Erwähnten aussagt, daß die Schliffebene auch zu einem Symmetrieelement des Feingefüges senkrecht steht.

Der einzige Ausnahmefall, Fig. 2, war einer der seltenen Fälle, wo im Handstück keine Striemung zu erkennen war, ein Einrichten danach war nicht möglich.

Dieses Zusammengehen von Grob- und Feingefüge gibt auch die Anweisung, daß zur Herstellung orientierter Schliffe die Striemung

einzmessen ist, um einfach die Lage des Schriffes im Raume feststellen zu können.

Man könnte versucht sein, anzunehmen, daß es für die Auswertung des Feingefüges recht wesentlich wäre, festzustellen, ob es der monoklinen oder rhombischen Ordnung angehört. (Die Abweichung von rhombisch sind bei Quarz vielfach recht geringfügig, weshalb ich in „Gesteinsumformung“ von „monoklin-pseudorhombisch“ sprach.) Diese Untersuchung läuft darauf hinaus, daß festzustellen ist, ob die Spur der Schieferungsebene im Bilde Symmetrale ist. Hier zeigt sich aber eine bemerkenswerte Schwierigkeit, daß es durchaus nicht leicht ist, die Schieferungsebene im Schriffe genau festzulegen, wie es auch nicht leicht ist, zu gewährleisten, daß der Schnitt genau senkrecht zur Schieferung steht. Die aufgenommenen Dichtepläne von Glimmernormalen zeigen oft eine derartige Streuung, abgesehen von Sonderregelungen, daß gerade in den brennenden Fällen ein gesicherter Mittelwert nicht ermittelt werden konnte. Es ist geradezu tragisch, daß gerade vom Glimmer, auf dessen Ebenenhaltung diese ganze Untersuchung aufgebaut sein soll, bisher die schönsten monoklinen Regelungsbilder erhalten worden sind. Mit Bezugnahme auf ihn würden dann alle Gefüge anderer Mineralien von selbst monoklin werden.

Diese Frage wäre also nur zu lösen durch einen Vergleich der Regelungen möglichst vieler Mineralien desselben Schriffes; die hier gegebenen Untersuchungen reichen für einen derartigen Entscheid nicht aus.

Die Feststellung über diese Symmetrieeigenschaften ergibt nun den naheliegenden Schluß, daß diese mit der Symmetrie der erzeugenden Ursache etwas zu tun haben müssen.

Wir haben daher noch die Aufgabe uns mit den Symmetrieeigenschaften der Vorgänge zu befassen, die wir für die Entstehung passiver Regelungen verantwortlich machen.

Zwei Anschauungen haben wir zu besprechen, die eine, wonach die Schieferung wesentlich die Abbildung des statischen Beanspruchungszustandes ist, die andere, wonach in der Schieferung im wesentlichen der Gleitvorgang zur Darstellung kam (vgl. die Gegenüberstellung der Ansichten z. B. in „Gesteinsumformung“ und in Grubenmann Niggli, „Gesteinsmetamorphose“). Ich will mich gern der Darstellung Niggli anschließen, wonach jede der Ansichten an ihrem Platze recht haben kann. Wenn ich aber für die von mir gewählten Beispiele die Sachlage von der zweiten Hypothese aus behandle, geschieht dies deshalb, weil diese eben aus einem Gebiete starker Durchbewegung entnommen sind, wobei ihr Einfluß aufs Gefüge auch anderweit z. B. durch verlagertes *si*, in Porphyroblasten unmittelbar nachweisbar ist. Es wären aber Untersuchungen aus Gebieten, für die die erste Hypothese naheliegend ist — tiefes Grundgebirge — äußerst erwünscht.

Fragen wir für den ersten Fall nach den Symmetrieverhältnissen des statischen Beanspruchungszustandes, so ergeben die drei Hauptbeanspruchungen unmittelbar das rhombische Achsenkreuz mit den Hauptebenen als Symmetrieebenen.

Wie steht es mit dem zweiten Falle, dem einfachen Gleitvorgange?

Die Gleitebene scheidet den Körper in zwei Teile, die sich längs der Gleichrichtung (x) in ihr in entgegengesetzter Relativverschiebung befinden.

Die Gleitebene ist daher nicht Symmetrieebene des Bewegungsvorganges. Wir können nur eine Symmetrieebene legen, sie steht normal zur Gleitebene und geht durch x (x - z -Ebene). Damit wird bei dem Vorhandensein eines Symmetriezentrums auch die Richtung des tektonischen Streichens y , nämlich die Gerade, die in der Gleitebene zur Gleitrichtung senkrecht gezogen wird, von selbst zur zweizähligen Drehachse, die z. B. in den S -Formen des si in verlagerten Granaten aufs schönste zur Anschauung kommt.

Die Gleitbewegung hat daher monokline Symmetrie.

(Es ist im vorhergehenden eine Bezeichnung vorgeschlagen, deren allgemeine Anwendung für solche technologische Darstellung ich empfehlen würde: x für die Gleitrichtung, y für das tektonische Streichen, z für die Gleitflächennormale. Ebene x - y ist die Gleitfläche.)

Symmetrie des erzeugenden Vorganges und Symmetrie des Ergebnisses müssen nun miteinander vereinbar sein. Die Symmetrie des Gefüges muß also mindestens denselben Grad erreichen wie die erzeugende Symmetrie. Wir wollen uns aber erinnern, daß das Ergebnis auch einen höheren Grad erreichen kann als die Ursache, wenn der Regelvorgang selbst eine innere Bindung hat, die höhere Symmetrie verlangt. Vgl. die Beispiele der Kristalloptik.

Mit der Anschauung von der Abbildung der Hauptbeanspruchungsebene in der Schieferung ist das so häufige rhombische Gefüge unmittelbar vereinbar, beide haben ja denselben Ordnungsgrad. Wir würden dann in den drei Spiegelebenen des Feingefüges die drei Hauptbeanspruchungsebenen unmittelbar dargestellt sehen.

Dagegen schließt ein monoklines Gefügebild diese Anschauung vollkommen aus.

Vollkommen vereinbar erscheint dagegen monoklines Gefüge mit der zweiten Hypothese, Regelung durch den Gleitvorgang. Dann müßte die Spiegelebene des Gefüges zusammenfallen mit der Spiegelebene des Gleitvorganges. Damit stimmt überein, daß bei monoklinem Gefüge die Spiegelebene ausnahmslos senkrecht zur Schieferungsebene gefunden wurde. Es würde dann der Schnitt Schieferungsebene—Spiegelebene unmittelbar die Durchbewegungsrichtung x ergeben.

Es wäre aber unrichtig, weiter zu folgern, daß ein rhombisches Gefügebild es ausschloße, daß der monokline Bewegungsvorgang sein Urheber war. Eine genauere Überlegung zeigt, daß in der Regel sogar die rhombische Ordnung die einzige ist, die als Endfall der Regelung auftreten muß. Nimmt man nämlich an, wie es besonders die Metallographie dargelegt hat, daß sich durch die Durchbewegung die Korngleitfläche in die Großgleitfläche, Korngleitrichtung (oder die Symmetrale zwischen zwei gleichwertigen) in die Großgleitrichtung einstellt, nehmen wir ferner ein Mineral von mindestens monokliner Symmetrie gegeben an und halten die Annahme für zulässig, daß der Widerstand in der Korngleitrichtung in Richtung und Gegenrichtung gleich ist, dann ergibt sich durch „Durchführung der Symmetrieoperationen des Kristalles“ (Sachs-Schiebold, „Wechselseitige Druckversuche an Aluminium“, Zeitschr. Ver.

Deutscher Ing., 69, 1603) durch Überlagerung der Kristallsymmetrie über die Vorgangssymmetrie eine Erhöhung der Regelmäßigkeit des Ergebnisses, das vom monoklinen Kristallsystem bis hinauf zu denen mit wirteligem Baue zu einem rhombischen Gefüge führt.

Es sei z. B. bei einem monoklinen Mineral eine allgemeine Fläche mit allgemeiner Richtung gleitfähig, die Durchbewegung erzeugt daher eine bestimmte Häufungsstelle unserer kristallographischen Bezugsrichtung auf der Lagenkugel. Da ihr kristallographisches Spiegelbild ebensogut Gleitfläche sein kann, entsteht eine zweite Häufungsstelle spiegelbildlich zu ihr in bezug auf die Spiegelebene des Bewegungsvorganges. Dadurch aber, daß die Bewegung in Richtung und Gegenrichtung gleich wahrscheinlich sein soll, treten noch zwei Häufungsstellen auf der Oberseite der Kugel auf, wir erhalten sie, indem wir um die x -Achse um 180° drehen. Damit ist aber schon zur x - z -Ebene, die y - z -Ebene als Spiegelebene hinzutreten. Und da wir in unserer Bezugsrichtung keine Polarität erkennen können, wird die Unterseite das vollkommene Gegenbild der Oberseite, es wird auch die Ebene x - y Spiegelebene. (Es kann von Interesse sein, daß für ein triklinen Mineral diese Durchführung zum Ergebnis führt, daß ein monoklines Gefügebild entsteht, bei dem aber nicht x - z , sondern x - y die Spiegelebene wird.)

Hiemit erscheint nachgewiesen, daß für unsere Fälle das rhombische Gefügebild auch für reine Durchbewegungsgefüge als durchaus normaler Endfall zu betrachten ist. Damit bekommt die Bewertung der monoklinen Gefüge ein anderes Gesicht, sie sind tatsächlich nur Fälle, in welchen die Regelung nicht bis zu Ende gediehen ist, damit stimmt auch, daß ihre Abweichungen von rhombischer Ordnung in der Regel nur unbedeutend und schwer unzweifelhaft festzustellen sind. Damit verliert aber auch die oben angeschnittene Frage des sicheren Nachweises sehr an Gewicht, weshalb ihr hier auch nicht besonders nachgegangen wurde.

Bei einem solchen rhombischen Gefüge müßte also eine der beiden Spiegelebenen, die auf der Schieferungsfläche senkrecht stehen, die Spiegelebene x - z des Bewegungsvorganges sein, eine der beiden Symmetrieachsen die in der Schieferungsebene liegen, die Durchbewegungsrichtung x , die uns ja für die Tektonik besonders angeht.

Wenn hier wie im folgenden von Durchbewegungsrichtung gesprochen wird, so ist darunter zunächst nur die nicht polare Gerade gemeint, entlang deren sich die Verschiebung vollzog, über den Sinn, in welchem sich diese Verschiebung abspielte, soll damit noch durchaus nichts ausgesagt sein.

Die Angaben des Gefüges über die Tektonik wären also zweideutig, wir bekommen aus einem solchen rhombischen Gefügebild zwei mögliche Achsen in denen sich die Verschiebung abgespielt haben kann, die sich unter 90° schneiden.

Doch lehrt die Erfahrung, daß sich diese beiden Lagen unterscheiden in der Art und Weise, wie sie von Quarzachsen aufgesucht werden. Es kann daher in den meisten Fällen angegeben werden, welche der beiden in der Schieferungsebene liegenden Symmetrieachsen des Gefüges x , die Richtung der Durchbewegung ist. Natürlich kann man ein Gesetz hierüber nur machen auf Grund von Erfahrungen, in einem Gebiete, das so weit genügend tektonisch erforscht ist, daß die Durchbewegungsrichtung für eine Probe nicht um 90° zweifelhaft ist.

Deshalb habe ich schon in der früheren Arbeit teilweise Schläffe aus einem tektonisch bekannten Gebiete genommen; die hier behandelten entstammen aus dem Ostende des Tauernfensters und seiner Umgrenzung,

aus meinem und — mit deren freundlicher Zustimmung — aus den Arbeitsgebieten von Kober und Trauth.

Zur Beurteilung der Gesetzmäßigkeit der Regelung bemerke ich, daß ich keinen der Schriffe übergehe, weil sein Bild nicht mit der allgemeinen Regel übereinstimmt. Die Auslassungen in der Reihenfolge der Nummern besagen nur, daß die betreffenden Proben nicht orientiert waren oder so feinkörnig, daß ihre Vermessung nicht möglich war.

Die Durcharbeitung ergab in Verbindung mit schon früheren Schriffen eine ziemlich Mannigfaltigkeit der Quarzregelung, die aber immerhin unverkennbar gemeinsame Züge zeigt und Einordnung in eine Reihe gestattet. Dabei zeigt sich, daß die Stellung eines Gefüges in dieser Reihe nicht bloß durch die Bedingungen der Umformung bestimmt ist, wie ich früher vermutete, von Druck, Temperatur, Kristalloblastese, kristalloblastischer Überdauerung des Umformungsvorganges, sondern ganz wesentlich von den im Gesteine mitauftretenden anderen Mineralien, eine Möglichkeit, auf die mich Kollege Smekal aufmerksam machte und die auch in Becke, „Struktur und Klüftung“, Fortschr. d. Min., 1924, 202, sehr deutlich ausgesprochen ist. Es ist auch wohl verständlich, daß in einem Gesteine, in dem andere gleitfähige Mineralien einen Großteil der Durchbewegung auf sich nahmen, die Regelung der Quarze verwischter sein wird, vielleicht sogar in andere Bahnen geleitet wird.

So wirken beeinflussend, ich glaube hier mit Kollegen Sander in Übereinstimmung zu stehen, der Glimmer und insbesondere der Kalzitgehalt. Die aufgestellte Reihe ist so ziemlich eine zunehmenden Glimmer und bei den letzten Gliedern des Kalzitgehaltes, während meiner Erfahrung nach Feldspatgehalt durchaus wenig Einfluß zeigt. Unangenehmerweise fügt es die Geologie, daß die Reihe so ziemlich auch die zunehmender Kristalloblastese ist, so daß der Einfluß dieser beiden Wirkungen aus diesen Beispielen leider nicht zu trennen ist.

Meine früheren Untersuchungen, Tschermaks Mitteilungen, Bd. 38, haben an den Gneisen der Muglerie ein einfaches Gesetz der Regelung gezeigt: „Eingürtelregelung“. Ein Gürtel der Lagenkugel, der durch x und z geht, enthält die Achslagen der Quarze mit zwei ausgesprochenen Häufungsstellen, eine in z (Alpharegel Sanders), eine in x (Gamma-regel Sanders).

Meine jetzigen Untersuchungen zeigen mir aber, daß das Eingürtelbild nicht am Anfange der Reihe stehen dürfte. Das Ausgangsbild der Regelung scheint ein „Zweigürtelbild“ zu sein. Wieder besteht eine ausgesprochene Häufungsstelle in x . Durch x gehen aber, schräg zur Schieferungsebene, zwei Gürtel der Besetzung, die mit der Schieferungsebene gleiche Winkel bilden und dort, wo sie den Großkreis $z y$ durchsetzen, wieder mit Häufungsstellen besetzt sind.

Zweigürtelbilder.

Schliff 12, Fig. 1. Quarzit, unterostalpin, Weg aus dem Lantschfeld vor Tweng. Schnitt „längs“ nach y , h 10—22.

Überwiegend Quarz, Orthoklas, Mikroklin, Perthit, Serizit, Magnetit, Zirkon.

Es soll hier auf die Allgemeinheit der Erscheinung hingewiesen werden, daß die Feldspate aller untersuchten älteren Quarzite — dies gilt gleicherweise von den Quarziten des Semmeringgebietes und der Seckauer — vorwiegend Kalifeldspate und

nicht Albite sind, während derzeit im alpinen Grundgebirge Kalifeldspate durchaus nicht in der Vormacht sind, sondern deutlich zu erkennen ist, daß sie durch Albit-substanz verdrängt wurden (Becke). Es ist dies wieder ein Hinweis, daß die Albitisierung jung ist.

In einzelnen feinkörnigen Lagen des Gesteins ist der Feldspat dem Quarz beigemischt, andere grobkörnige Lagen sind feldspatfrei, dort findet er sich in den dazwischenliegenden Glimmerlagen.

Der weit vorherrschende Quarz ist in den verschiedenen Lagen verschieden grobkörnig. Die Quarzkörner bilden ein Pflaster, das sich mit Schädelnähten verzahnt, längliche Quarzkörnergruppen ähnlicher Orientierung.

In den feinkörnigen Lagen tritt der Feldspat dem Quarze beigemischt auf, die grobkörnigen Lagen sind feldspatfrei, dort findet er sich nur in den recht straffen Glimmerlagen dazwischen.

Die Feldspatkörner sind in s länglich, nicht übereck gestellt. Rekristallisationsbau. Vermessen wurden 337 Quarze. Schönes Zweigürtelbild, die Gürtel schließen mit s 45° ein.

Schliff 23, Fig. 2. Quarzit, oberostalpin, Beilhütte bei Untertauern, Schnitt N—S, Richtungsbestimmung ungenau, Vorkommen ohne Striemung.

Quarz, Orthoklas, Serizit, Zirkon.

Feldspat recht reichlich in runden Körnern, der überwiegende Quarz teilweise in größeren Körnern — Sedimentrest — teilweise Kleinpflaster, verzahnt, etwas in s verlängert.

Serizit netzartig in unstraffer Schieferung.

Schwache Kristallisationsschieferung, die das Sedimentbild nicht verwischen konnte, dann nicht starke mechanische Schieferung.

Vermessen 273 Quarze.

Der Schliff konnte mangels einer deutlichen Striemung nicht vollkommen zur Gefügesymmetrie eingeordnet werden. Daher ist das Bild zunächst nur nach der Schieferungsebene symmetrisch. Legt man aber durch das Maximum in s zwei Großkreise (in der Figur ausgezogen) durch die beiden anderen Häufungsstellen und dreht das Bild auf eine Ebene, die senkrecht steht zur ersten Häufungsstelle, so erhalten die Gürtel die punktierte Lage, zeigen dann vollständig das Bild von Schliff 12, zwei gegen die Schieferungsebene unter 45° geneigte Großkreise.

Damit wäre also die Häufungsstelle in s die x der Bewegung mit der Richtung N 250, soweit die Richtungsbestimmung zuverlässig ist, was mit dem tektonischen Befunde verträglich ist.

Schliff 17, Fig. 3. Quarzit, oberostalpin. Leckenkuppe nordwestlich der vorderen Gnadenalm bei Untertauern, Schnitt „längs“ nach y , NW—SO.

Reichlich Quarz, in den Großkörnern mit Punktreihen.

Orthoklas, Schachbrettalbit, Serizit.

Ehemaliger Sedimentbau noch sehr deutlich. In einer feinkörnigen Füllmasse liegen größere Quarzkörner mit eckigen Umrissen.

In der Füllmasse von Quarz, Feldspat, Serizit, bildet Quarz ein verzahntes Pflaster, Serizit, scharf geregelte Schieferung ohne zusammenhängende Häute.

Quarz stark undulös!

Nach einer Kristallisationsschieferung noch mechanische Umformung.

Vermessen 401 Quarze.

Zweigürtelbild, die Großkreise liegen sich aber näher als früher, bilden mit s -Winkel von 60° . Ein Balkenarm schwächer, stark gestreut.

Häufungsstellen in x und in $z-y$, y leer.

Schliff 13, Fig. 4. Quarzphyllit aus der „Mischungszone“ Kobers (Prätigauschiefer nach Staub) Znota (Zederhaus) unter Blasnerturm. Schnitt „längs“ nach y , NW—SE.

Quarz, sehr wenig Feldspat (saurer Plagioklas?), Muskovit, Granat, Titanit. Im Schliffe zwei Lagen klaren Quarzpflasters mit ebener Muskovitschieferung drinnen. Dazwischen eine Lage mit undeutlicher Schieferung, Serizitschmierre mit Quarznestern drinnen. Vermessen wurden nur die beiden Randlagen. Kristallisationsschieferung.

Vermessen 299 Quarze.

Das Besetzungsbild zeigt den Übergang zur folgenden Gruppe, die beiden Gürtel sind daran in einen zusammenzuklappen, doch ist die Lücke in z noch deutlich zu erkennen, y leer.

Ein Balken ist schwächer besetzt, die Unterhälfte ist im allgemeinen reichlicher bedacht. Monokline Symmetrie?

Bei den Zweigürtelbildern ließ sich die Beobachtung machen, daß häufig benachbarte Körner in ihrer Regelung so weit übereinstimmten, daß sie demselben „Arme“ eines Gürtels angehören, dies ist unser Ausdruck für die von Sander festgestellte Tatsache der ähnlichen Regelung von Korngruppen.

Dies erklärt auch so die Symmetrie störende Ausfälle wie bei 13. Die beiden Lagen wurden getrennt vermessen, in der einen war der Arm durchaus nicht wesentlich unterbesetzt, in der anderen fiel er ganz aus, da sie nicht groß war und nur ein paar gemeinsam geregelte Korngruppen umfaßte. Siehe weiter unten.

Eingürtelbilder.

Schliff 20, Fig. 5. Altkristallindiaphthorit, unterostalpin. Flachautal unter der Unterpleislingalm bei der Tauriskiaschutzhütte. Schnitt „längs“ nach y , W zu N , O zu S .

Muskovit, Quarz, wenig Albit, Granat, Serizit, Chlorit, Zoisit.

Es liegt ein alter Granatglimmerschiefer vor, der mechanisch zu einem Phyllonit wurde.

Aus der früheren Zeit stammen noch die großblättrigen Lagen von Muskovit. Dann wurde das alte s ausgearbeitet, Quarze gequält, zerschert mit Gruschbildung, Glimmer zu Serizit zerschliffen, Chlorit aus Granat und (?) Biotit. Ein zweites Gleitflächensystem schneidet spitz gegen W ansteigend das s , bildet einzelne Lagen eines unauflöslichen Gemenges feinsten Körner.

Ihre Vermessung war unmöglich (Westbewegung (?)).

Vermessen 378 Quarze.

Eingürtelbild mit starker Verbreiterung und Anhäufung in z , x bemerkenswert kümmerlich, y leer.

Schliff 7, Fig. 6. Gneis, pennin, Hochalmdecke Kober. Muhr N. Schnitt „längs“ nach y , W — O .

Perthitischer Orthoklas, Mikroklin, Albit, Ab 90—An 10, Quarz, Muskovit, größerer Biotit, feinschuppige Chloritgruppen.

Mikroklin in großen eckigen Körnern, Albit kleiner in etwas nach s gestreckten fetzigen Körnern.

An die großen Körner schließen sich beiderseits Lagen eines feinkörnigen Quarz-Albitpflasters an. Dazwischen einzelne Zeilen etwas größerer, in s rechteckig gestreckter Quarzkörner.

Muskovit in auffallend kurzen Schuppen ohne scharfe Einregelung bildet undeutliche unebene Lagen.

Kristallisationsschieferung.

Vermessen 178 Quarze.

Besetzt Großkreis β — z mit starker Anhäufung in x , y leer.

Schliff 3, Fig. 7. Glimmerschiefer, pennin, Silbereckscholle, Obltzen S von Muhr. Schnitt „längs“ nach y , O — W .

Albit mit Glimmerschuppen im Kern, Quarz, viel Muskovit, olivgrüner Biotit, Epidot, Erz, selten Karbonat.

In einem Grundgewebe schwimmen in s längliche, eckige Porphyroblasten von Albit.

Im Grundgewebe straffe lagenhafte Schieferung von Muskovit, Biotit, Epidot, dazwischen Quarz und Klein-albit in Zeilen. Querbiotite.

Kristallisationsschieferung.

Vermessen 332 Quarze.

Eingürtelbild mit starker Anhäufung in x .

Schliff 4, Fig. 8. Gneis, pennin, Hochalmdecke. Oberer Retzdalsee, Abfluß Muhr.

Schnitt „längs“ nach y , W—O.

Schachbrettalbit in klaren Körnern mit Orthoklasresten, Einschlüssen von Primäralbiten mit Glimmerschuppen.

Primäralbite dicht mit Glimmerschuppen durchsetzt.

Fetziges Nenalbite, Quarz, Biotit, sehr wenig Muskovit, Chlorit, Zoisit.

Primäralbite und Schachbrettalbite bilden große, oft übereck gestellte Körner, an die sich seitlich oft Schwänze von Neualbiten hängen. Quarz in gestreckten Körnern ein ungestörtes Pflaster bildend. Glimmer in undeutlichen Lagen, wenig richtungsgeregelt, kleine Schuppen.

Wenn der mechanisch deformierte Mugligneis rekristallisieren würde, müßte er dieses Bild ergeben.

Vermessen 300 Quarze.

Eingürtelbild in $x-z$, ohne besonders ausgesprochene Häufungsstellen, in der $z-y$ -Ebene deutlich verbreitert. y leer.

Schliff 26, Fig. 9. Quarzit, unterostalpin. Abstieg vom vorderen Seekar im Lantschfeld. Schnitt „längs“ nach y , N—S (siehe S. 422).

Quarz, Orthoklas, Serizit.

Sehr deutliche Schieferung durch parallele Serizitschuppen, die aber nicht Lagen bilden. Quarz bildet ein verzahntes Pflaster, Körner sehr bedeutend in s gestreckt. Feldspat in rundlichen Körnern, manchmal übereck, meist in s gestreckt. Rekristallisation hat mechanische Verformung überdauert. Nachträglich nur wenig gestört.

(Es ist von Bedeutung, daß die Quarzite, die unter oder zwischen den Tauerndecken liegen, deutlich kristallisationsschiefrig sind, der darüberliegende Radstädter Quarzit dagegen deutlich postkristallin verformt.)

Vermessen 207 Quarze.

Eingürtelbild in $x-z$. In x Häufungsstelle. Gürtel in z noch deutlich zweigeteilt, y leer.

Schliff 18, Fig. 11. Quarzit, oberostalpin, Strimskogel W Untertauern. Schnitt „längs“ W—O. Nach y W—O.

Quarz, Orthoklas-Mikroclin, Serizit, Spat rostig verwittert.

Das Quarzgefüge zeigt noch sehr deutlich den Sedimentärbau eines Sandsteines, eckige größere Körner in feinen Gries eingebettet. Körner mit größter Ausdehnung in s , ziemlich undulös.

Feldspate in rundlichen Körnern, Serizite in kurzen Lagen.

Das Gestein ist kristalloblastisch nicht stark umgeformt, dann mechanische Umformung.

Vermessen 223 Quarze.

Eingürtelbild mit starker nach $x-z$ verlängerter Häufung in x , z schwach, y leer.

Schliff 24, Fig. 12. Radstädter Quarzit, mittelostalpin. Zwischen Dickenbauer und Beilhütte bei Untertauern. Schnitt „quer“ nach x , N—S.

Quarz, Orthoklas, wenig Albit-Oligoklas, Serizit.

Grundgewebe aus viel Quarz als stark verzahntes, in s etwas gestrecktes Pflaster. Serizit in nicht durchlaufenden Schuppen. Sedimentreste aus größeren Quarzkörnern. Feldspatkörner oft übereck stehend.

Gefüge unter deutlicher mechanischer Beeinflussung, insbesondere die Quarze oft um die Feldspatecken herumgequält.

Vermessen 185 Quarze.

Der Gürtel erscheint bei der gewählten Schliffage im Grundkreis. Es ist zu erkennen, daß der Schliff nicht genau den Gürtel getroffen hat, so daß dieser im N um etwa 10° nach W abweicht. Anhäufung in x und um z , y ganz schwach besetzt.

Schliff 11, Fig. 13. Phyllit, unterostalpin, Mischungszone Kober (nach Staub Prättigauflisch?), Zoota-Zederhaus unter der Grubachscharte. Schnitt „längs“ nach y , NW—SO.

Albit, Quarz, Kalzit, Serizit, Kohle.

Serizit mit Kohle bildet durchlaufende Lagen mit großem Abstände, Zwischenlagen aus Kalzit, Feldspat, Quarz. durcheinander. Kalzit längsgestreckt mit Lamellen.

Das andere feinkörniges, kaum gestörtes Pflaster. Einzelne größere Quarze, Sedimentreste?

Kristallisationsschieferung.

Vermessen 148 Quarze.

Eingürtelbild $x-z$, bedeutende Anhäufung in x , Verbreiterung in z einseitig.

Zu wenig Quarze vermessen! y leer.

Schliff 27, Fig. 14. Quarzit, unterostalpin. Zwischen Kesselkogel und Blausee, Windsfeld, Radstädter Tauern. Schnitt „längs“ nach y . N—S! (Siehe S. 422.)

Quarz, Orthoklas, wenig Albit, Muskovit, Eisenspat.

Quarzpflaster, nicht gestreckt, ungestört, Muskovit in kurzen Lagen eine linsige Schieferung bildend. Feldspate, etwas getreckte Körner, meist in s nur manchmal übereck ohne Zwängung im Quarz! Eisenspatidioblasten verrostet.

Kristallisation hat die mechanische Umformung überdauert!

Vermessen 340 Quarze.

Das Gefüge leitet zur folgenden Gruppe über. Der Gürtel $x-z$ hat eine ausgesprochene Häufungsstelle in x , ist in z sehr stark in $z-y$ auseinandergezogen, y leer. Monoklin?

Kreuzgürtelbilder.

So bezeichne ich die weitere Ausbildung der Eingürtelbilder, bei denen sich zum $x-z$ -Gürtel immer deutlicher der $y-z$ -Gürtel hinzugesellt, der aber mehr oder weniger lückenhaft ausgebildet ist. Es entwickelt sich so die Form, die ich als Typus Greiner-Piora bereichnet habe.

Schliff 10, Fig. 15. Glimmerschiefer, pennin. Znotengraben unten, Zederhaus. Schliff „längs“ nach y , NW—SO.

Quarz, Albit, Ab 90 — An 10. Oft mit einzelnen Glimmerschuppen im Kern. Muskovit, Epidot.

Glimmer und Epidot bildet außerordentlich straff durchlaufende Schieferung. Dazwischen Albit-Quarzlagen. Albite teilweise in größeren fetzenförmigen Körnern, andere kleine Albite bilden mit etwas größeren Quarzkörnern ein klares, etwas in s gestrecktes Pflaster.

Reine Kristallisationsschieferung.

Vermessen 323 Quarze.

Starke Anhäufung in x , Gürtel $x-z$ wohl entwickelt, Gürtel $x-y$ lückenhaft, y leer.

Schliff 6, Fig. 16. Penninglimmerschiefer, oberes Ende der Zopponitzschlucht nördlich Ollschützen, Muhr. Schnitt „längs“ nach y , O—W.

Quarz, Albit, Muskovit, Chlorit, Erz.

Recht straffe Schieferung in Muskovit in durchlaufenden Lagen.

Quarz, Albit in den Zwischenlagen, Quarze etwas in s gestreckt. Albite fetzenförmig mit Einschlüssen von rundlichen Quarzen und Glimmerschuppen. Chlorite oft quergestellt, fächerförmig.

Reine Kristallisationsschieferung.

Vermessen 273 Quarze.

Gefügebild vollkommen gleich wie bei Schliff 10.

Schliff 5, Fig. 17. Kalkglimmerschiefer, pennin, Silbereckscholle, Jedl Muhr. Schnitt „längs“ nach y , W—O.

Quarz, Albit Ab 90 — An 10.

Kalzit, Muskovit, Chlorit, Epidot, wenig Biotit.

Etwas linsige, nicht durchlaufende Schieferung in Muskovit-Chlorit-Epidot.

Lagen dazwischen aus Quarz, Feldspat, Kalzit, Quarz fast gleichachsig, Feldspate etwas in s verlängert mit Kerneinschlüssen. Kalzit fetzenförmig vollkommen xenoblastisch gegen Quarz.

Reine Kristallisationsschieferung.

Vermessen 300 Quarze.

Großkreis $x-z$ gut entwickelt mit starker Häufung in x . Aber auch der Kreis $y-z$ ist bis zu y hin recht voll besetzt.

Schliff 9, Fig. 18, Kalkphylit, pennin. Unter der Zopponitzscharte bei der Mariswand, Zederhaus. Schnitt „längs“ nach y . W—O.

Kalzit, Quarz, Muskovit, Kohle.

Glimmer bildet scharfe, gerade, spärliche Lagen.

Hauptgewebe dazwischen aus Kalzit, in s langgestreckt, schwach verbogen mit viel Zwillingslamellen (Kalzit zeigt sehr schöne Eingürtelregelung!).

Quarz in Nestern und einzeln in Kalzit, vollkommen idioblastisch gegen diesen, Körner etwas verrundet. Kohle in den Zwischenlagen.

Kristallisationsschieferung und spätere mechanische Umformung.

Vermessen 220 Quarze.

Das Bild zeigt den $x-z$ -Gürtel wohl deutlich, aber unregelmäßig und unterbrochen, aber mit scharfer Anhäufung in x .

Aber auch der $y-z$ -Gürtel ist hier wohl ausgebildet und zeigt besonders y besetzt.

Schliff 1, Fig. 19, Kalkphylit, pennin. Unter der Zopponitzscharte bei der Mariswand, Zederhaus. Schnitt „längs“ nach y , NW—SO.

Sehr reichlich Kalzit, Quarz oft mit Böhmischer Streifung, Albit, Oligoklas.

Quarz in augenartigen Lagen und Einzeltropfen in Kalzit.

Feinflockige kohlige Substanz in Glimmern und Albit.

Vermessen 233 Quarze.

Das Bild zeigt den $x-z$ -Gürtel unsauber, aber noch deutliche Häufung in x , Gürtel $y-z$ lückenhaft, aber y besetzt.

Kristallisationsschieferung.

Schliff 2, Fig. 20, Albitknotenschiefer, pennin, ober dem Hochalmgneis, oberes Ende der Zopponitzschlucht. Muhr. Striemung ganz undeutlich SW—NO? Schnittlage „längs oder quer“ y oder x , SW—NO.

Albit-Oligoklas, Quarz, Chlorit, sehr wenig Muskovit, Kohle.

Schieferung durch Chlorit unruhig, nicht durchlaufend (im Schliffe SO—NW ausgesprochen linsig).

Das Gewebe ist voll von Albitoholblasten, die buchtig in die Chlorite eingreifen. In s sind sie etwas verlängert. Sie haben zahllose Quarzreste in länglich gerundeten Körnern in sich aufgenommen, die aber eine Beurteilung wie die Lage der Schieferung st ist, nicht zulassen. Leider war auch eine Vermessung dieses st -Quarzgefüges wegen der Kleinheit nicht möglich.

Quarz ausgesprochen xenoblastisch gegen die Albite.

Albitisierungsgefüge.

Vermessen 253 Quarze.

Das Gefügebild zeigt die weiteste Annäherung an den Typus Piora, vgl. Tsch. Mitt. 38, 416, Fig. 4c. Zwei auf s senkrecht stehende Kreise entwickelt, Streuung groß. Entscheid, was x , was y ist, kaum möglich. Nach dem Schieferungsbilde des NW—SO-Schliffes würde ich die Häufung in Bildmitte NW als x ansprechen.

Überblicken wir das Ergebnis dieser Reihe. Mit Ausnahme des letzten Gesteines, das weitestgehende Albitisierung zeigt, ist bei jedem Bilde die Richtung in der Schieferungsfläche, die wir aus tektonischen Gründen als Durchbewegungsrichtung fordern müssen, vor der anderen hierfür in Betracht kommenden Symmetrieachse ausgezeichnet, sie ist eine ausgesprochene Häufungsstelle. Die Alpharegelung des Quarzes kann schwanken, die Gammaregel aber bleibt aufrecht bis dorthin wo scheinbar die mechanische Beeinflussung vor der Ummineralisation zurücktritt.

Und dies ist das Hauptergebnis der Untersuchung für die Tektonik, wir können aus dem Gefüge die Richtung der tektonischen Durchbewegung lesen.

Es sind die Proben aus Gebieten mit bekannter Durchbewegung entnommen, und wir haben zur genaueren Bezeichnung der Durchbewegungsrichtung die Striemung benutzt, indem wir annahmen, daß die Striemung das y sei, der tektonische Befund ließ die andere Möglichkeit, daß die Durchbewegungsrichtung in die Striemung falle, meist gar nicht zu. Weiter hierüber unten.

Gehen wir das untersuchte Profil durch. Vom S, aus dem Ankögelkern heraus durch die Silbereckscholle bis ober den Hochalpineis Kobers (Muhrgneis) haben wir das Streichen der Striemung O—W, als Durchbewegungsrichtung kommt nur S—N in Betracht. Schiffe 3, 4, 5, 6, 7. Weiterhin schwenkt die Striemung ab. Sehen wir von dem zweifelhaften Schriff 2 ab, so kommen wir in der mächtigen Schieferhülle zwischen Muhr und Zederhaus in ein Gebiet der NW—SO-Striemung, die auch durch die tieferen Teile der Radstädter Tauern bis zum Taurachtale bei Tweng anhält. Ich sehe mich in Übereinstimmung mit Kollegen Kober, daß für dieses Gebiet die Durchbewegungsrichtung SW—NO ist. Diese Teile glitten von der nach O untertauchenden Kuppel der Tauerngneise nach NO ab. Schiffe 1, 10, 11, 12.

Wir kommen in das Gebiet der oberen Radstädter Decken. Hier handelt es sich nur um folgendes: Bei meiner Aufnahme des Westteiles der Radstädter Tauern konnte ich nachweisen, daß mehrere Stockwerke vorliegen, ein Unterbau, der Überschiebungsbau S—N ist; im Oberbau ergab sich aber eine kräftige nachträgliche Bewegung O—W. Siehe „Bau der westlichen Radstädter Tauern“, Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Bd. 99, 1924, 309.

Es lag mir nun daran nachzuweisen, ob im Oberbau auch weiter im Osten diese O—W-Bewegung nachzuweisen ist. Man betrachte nun die Schiffe 20, 26, 27.

Schiff 20 stammt aus der Unterfläche der Lantschfelddecke, die dem rein nach N verschobenen Unterbau angehört. Striemung W—O, das Gefügebild gibt die N-Richtung als x .

Schiffe 26, 27 entstammen aber dem Lantschfeldquarzit unter der eigentlichen Tauerndecke (Oberbau). Die Bilder zeigen den Eingürtel durch die Mitte wie die meisten anderen und in der Mitte die Häufung in s , die wir als das Kennzeichen von x ansehen. Die Schiffe gehen aber N—S, die Mitte des Bildes entspricht also der O—W-Richtung. Durchbewegung O—W! In diesen Schriffen haben wir also nicht eine Anwendung der bekannten Tektonik auf die Deutung des Gefügebildes sondern eine Deutung der Tektonik aus dem Gefügebild, eine Probe auf dessen Verwendbarkeit.

Die übrigen Schiffe, 16, 17, 23, 24 sind Beispiele aus dem Radstädter Quarzit, der die Tauerndecken überlagert. Sie zeigen allgemeine S—N-Bewegung mit lokalen Abweichungen, die mit dem örtlichen Bau gut passen.

Es hat aber die Begehung, wie so mancher andere Gang wieder gezeigt, welchen Wert die Striemung für die tektonische Deutung eines Kristallgebietes hat; sie muß in engster Richtungsbeziehung zum Bewegungsvorgange stehen, gestattet daher unmittelbar im Felde Ausagen über ein Symmetrieelement der Durchbewegung. Und zwar in

unserem Gebiete, wie auch in fast allen mir bekannten alpinen Grundgebirgstteilen ist es das y , das tektonische Streichen, nicht die Durchbewegungsrichtung, die sich in der Striung abbildet.

Es sei hier ausdrücklich auf den Gegensatz dieser Erfahrung mit der geläufigen Beurteilung der Striung auf Verwerferharnischen hingewiesen. Letztere betrachten wir unbedenklich als Striung nach x und verwenden sie in diesem Sinne auch zur Ausrichtung. Wir nehmen an, daß Unebenheiten des einen Flügels Furchen in den anderen eingraben, die natürlich nach x gehen müssen. Ein Verwerfer ist wohl eine Gleitfläche wie wir sie auch für die Schieferung annehmen, unterscheidet sich aber in einem grundsätzlichen von dieser; Verwerfung ist keine Differentialbewegung, die Flügel verschieben sich gegeneinander um endliche, meist bedeutende Beträge, daher können solche Furchen endlicher Länge entstehen. Bei der Differentialbewegung dagegen verschieben sich beide Teile entlang einer Fläche nur um Differentiale, solche Furchen könnten daher nur Längen erreichen, die für die Beobachtung nicht in Betracht kämen.

Diese y -Striung muß daher anderer Entstehung sein, meist sind es Kleinfalten oder Schnitte verschiedener Gleitflächenscharen. Ich wäre geneigt, diesen Satz, daß die Striung eine y -, nicht eine x -Striung sei als ganz allgemein gültigen hinzustellen, kenne nur eine einzige Ausnahme:

Der Begleitschiefer von Schliff 27 zeigt zwei Striungen, die sich rechtwinklig schneiden, wenn diese beiden wirklich demselben Vorgange angehören, wäre die eine als x , die andere als y -Striung anzusehen.

Wenn ich noch zögere, diesen Satz in solcher Allgemeinheit auszusprechen, ist dies nicht bloß durch eine Bemerkung in Krige, „Petr. Untersuchungen im Val Piora“, Ecl. geol. Helv. 1918 zurückzuführen, der von dem Auftreten verschieden gerichteter Striung spricht, sondern auf mein Vertrauen auf die Erfahrung Heims, der in der „Geologie der Schweiz“ feststellt, daß die Richtung der gebirgsbildenden Kraft, also unser x , unter anderem auch abzulesen sei aus der Projektion der Streckung auf Clivageflächen auf die Horizontale.

Es sei also noch dahingestellt, ob eine gegebene Striung im Felde immer eine y -Striung sei — die Untersuchung des Feingefüges gibt ja in den meisten Fällen die Entscheidung darüber —, jedenfalls ist es nicht mehr zulässig, daß bei einer Aufnahme in Kristallingebieten die Striung derartig vernachlässigt wird, wie es trotz der Worte Beckes und anderer immer noch geschieht. Der Geologe muß sich bewußt sein, daß hier die Natur Zeichen geschrieben hat, die fast überall lesbar, unmittelbar Verschiebungsrichtungen abzulesen gestatten, die in einer derartigen Dichte über das Gebiet verstreut sind, daß sie an der Oberfläche ein ungemein reiches Bewegungsbild abzulesen gestatten (daß diese Richtungen solche einer Differentialbewegung, nicht einer Absolutbewegung sind, ist nach obigem wohl verständlich).

Ich würde es als wesentlichen Erfolg dieser Untersuchungen verzeichnen, wenn ich damit meinen Fachgenossen Zutrauen zu dem Werte der Striung als geologischem Wahrzeichen geben könnte. Hier ist eine Feldmethode gegeben zur reichen Erfassung des Bewegungsbildes. Unsere Feingefügeuntersuchung wird zum Entscheid und Bestätigung dieser Aufnahme in Heimarbeit wohl immer erwünscht bleiben.

Ich verspreche mir besonders viel von der Kartierung des Grobgefüges wie Feingefüges für Gebiete, wo andere Anhaltspunkte zurücktreten, wie dies besonders für variszische Gebiete mit den geringen Aufschlußhöhen der Fall sein dürfte.

Soviel zur tektonischen Anwendbarkeit der Gefügaufnahme.

Zur theoretischen Deutung der Gefügereglung haben wir den Satz angewendet, daß sich Gleitfläche und Gleitrichtung des Kornes in Großgleitfläche und Großgleitrichtung einstellen. In Tsch. Mitt. 38 habe ich — da damals nur Eingürtelbilder vorgelegen waren — für die Häufung in z (Alphareglung) die 0001 Fläche als Gleitfläche angenommen. Die neueren Erfahrungen machen eine Abänderung notwendig. Für die Zweigürtelbilder, besonders Fig. 1, Schriff 12, kann nur eine schräg zur Achse liegende Fläche als Gleitfläche in Betracht kommen. Vielleicht ist es (1011), die eine Einstellung der optischen Achse mit 38° zu s erbringen würde. Die Korngleitrichtung würde dann die Kante (1011-1010) sein. Demnach wären Zweigürtelbilder solche, bei denen im wesentlichen nur Gleitungen nach einer einzigen solchen Fläche vor sich gegangen wären, bei denen sich also die Reibungsverhältnisse an dieser Fläche während der Bewegung nicht verschlechtert hätten. Eine genauere Behandlung der Theorie mit Berücksichtigung der strukturellen Deutung des Quarzes durch Niggli, Zeitschr. f. Krist. 63, 295 soll an anderem Orte erfolgen.

Das Eingürtelbild wäre also erst aus dem Zweigürtelbild abzuleiten u. zw. durch Konkurrenz mehrerer gleichwertiger Gleitflächen.¹⁾

Wenn die Reibungen an der augenblicklich betätigten Korngleitfläche zunehmen, dann tritt die gleichwertige andere in Tätigkeit. Dadurch stellt sich, wie in diesen Arbeiten gezeigt wird, die gemeinsame Symmetrale der Gleitrichtungen in die Großgleitrichtung, für uns hat dies zur Folge, daß die optische Achse auf s senkrecht stellt.

Dies erklärt vielleicht, daß schon bei Schriff 12 der Winkel der Gürtel mit s nicht 38° sondern 45° ist, daß er bei den folgenden noch größer wird. Etwas hat schon Konkurrenz mitgespielt.

Daraus ist ferner zu erklären, daß bei Eingürtelbildern die Häufung in z in $y-z$ auseinandergezogen, oft auch deutlich zweigeteilt ist. Schriff 26. Einzelne besonders zur Großgleitung besonders gut gelegene Körner konnten die Gleitung an einer einzigen Fläche rasch erledigen, ohne daß es zu einer Konkurrenz kam, gerieten daher in Stellungen, die dem Zweigürtelbild entsprechen. Andere kamen nur durch eine Konkurrenz zu einer Umlagerung, ihre Achsen kommen in die $x-z$ -Ebene ohne vielleicht die Endstellung ganz zu erreichen.

Die Gammaregel verlangt dagegen Gleitfläche und Gleitrichtung in Prismenfläche und Prismenachse. Daß diese Häufungsstelle in x immer viel schärfer ist, ist darauf zurückzuführen, daß die Konkurrenz verschiedener Gleitflächen immer zur selben Richtung führt, da die Gleitrichtungen der verschiedenen Flächen ja hier gleichlaufen, und auch

¹⁾ Vgl. besonders die Arbeiten Polanyi, Weißenberg-Mark, z. B. in Zeitschr. f. Krist. 61, 1/2 H. Ich bin gezwungen, bezüglich des Auftretens der Konkurrenz meine Ansichten in Tsch. Mitt. 38, 421 zu widerrufen.

darauf, daß unsere Bezugsrichtung, die optische Achse, diesen Richtungen parallel ist.

Die Erklärung der weiteren Abwandlung des Bildes zum Kreuzgürtel ist schwierig, es fehlen auch noch genügende Unterlagen um den Einfluß der Umkristallisation vom Einfluß der Begleitminerale zu trennen, im allgemeinen kann man sagen, daß das Bild sich aus dem Eingürtelbild ableitet. Die Häufung in z ist aber im Großkreis $y-z$ auseinandergezogen. Ich deute das dahin, daß wohl noch Einstellung der betreffenden Korngleitrichtungen oder deren Symmetralen in x angestrebt wird, aber durch einen Einfluß weniger Anreiz zur Einstellung der Korngleitfläche in die Großleitfläche vorhanden ist. Daher „pendelt“ die optische Achse um die x -Richtung, dies erzeugt den Gürtel $y-z$.

Daß auch in diesem Falle die Häufung in x bemerkenswert scharf bleibt, Schliff 5, 6, 9, 10 ist nur darauf zurückzuführen, daß für diese Gammaregel unsere Bezugsrichtung die optische Achse mit der sich einregelnden Gleitrichtung zusammenfällt, es ist daher mit ihr nicht möglich, dieses Pendeln und Wälzen des Kristalls um x festzustellen. Hätte ich statt der optischen Achse z. B. die Prismenflächennormale vermessen können, dann wäre hier wahrscheinlich die Gammaregel als verzogener Gürtel, dagegen die Alpharegel als scharfe Häufung zum Vorschein gekommen. Vergl. die ganz übereinstimmenden Überlegungen Sanders in „Zur petrographisch-tektonischen Analyse“ Jb. G. B. A. 1925. Von diesem „Pendeln“ zu unterscheiden ist die größere Streuung, die besonders durch die Rekristallisation, durch unsauberes „Abilden“ zustandekommen dürfte, Schliff 2.

Die Betrachtung der Bilder wird bei einigen den Eindruck erwecken, daß doch beträchtliche Abweichungen von der für sie aufgestellten Symmetrie vorhanden sind. Schliff 11, 13, 17. Ich halte es für wichtig, daß bei der Beurteilung des Ordnungsgrades unterschieden wird zwischen Symmetrie der Anlage des Bildes und Symmetrie der Besetzungsdichte und daß für die Zuweisung zu einer bestimmten Klasse, besonders die Anlage, der Bauplan zu beurteilen ist. Die Besetzungsdichte der Zweige des Bildes muß nämlich nicht nur von dem Bewegungsvorgange selbst abhängen, dürfte ganz wesentlich auch von vorher bestandenen Regelungen bedingt sein, die es bewirkt haben können, daß bestimmte mögliche Regelungsbahnen von weniger Körnern beschritten worden sind, weil durch die frühere Regelung weniger Körner in der für den Eintritt in diese Bahn günstigen Lage gewesen sind. Daß solche Regelungen schon vorherbestanden haben, ist naheliegend, läßt sich aber auch gut nachweisen; das *si* in Neubildungen enthält oft die schönsten geregelten Quarze nach anderen Regelungsgesetzen. Leider scheiterte der Versuch auch diese Regelungen zu vermessen an dem Augenmörderischen dieses Beginnens.

Noch immer ist aber unser x , das wir so feststellen können, die unpolare Gerade und gibt keine Auskunft über den Sinn der Bewegung. Aus einem rhombischen Gefügebild ist es auch unmöglich, einen solchen Sinn abzuleiten. Es wäre nach der Symmetrie allein zu urteilen bei einem monoklinen Gefügebild nicht ausgeschlossen. Da ich aber zweifle,

ob ein solches überhaupt einen Endzustand darstellt, halte ich auch seine Bedeutung hierfür für zweifelhaft.

Doch liefert ein Gefüge hier sehr oft andere Kennzeichen, die unzweifelhaft Entscheide über den Richtungssinn geben, Falten, Porphyroblastenverlagerung, so daß aufmerksame Beobachtung des Gefüges auch hierüber kaum in Zweifel läßt. Vergleiche die Zusammenstellung Beckes in Fortschritte der Min. 1924, 194.

Aus einem solchen Porphyroblastenwirbel läßt sich natürlich auch die Bewegungsrichtung feststellen, seine Wälzachse muß ja y sein. Der Versuch die Wälzachse festzustellen wird aber zeigen, daß dies durchaus nicht leicht ist, es geht einigermaßen gut nur mit dem Universaltisch. Es ergänzen sich eben hier die Untersuchungswege, der eine gibt die Richtung, der andere den Sinn.

Ich bedauere, daß ich, von anderen Erwägungen ausgehend (Tsch. Mitt. 38, 406) in dieser Untersuchungsreihe vorwiegend mit Schnitten nach y gearbeitet habe, wo man solche Verlagerungen nicht zu Gesicht bekommt. Es entgehen dadurch derartig viele Beobachtungen über den Sinn der Bewegung, daß ich, wo man nicht die schöne Freiheit hat, sowohl Schliffe nach x wie nach y anzufertigen, rate, lieber die Fehlermöglichkeiten eines Schliffes nach x auf sich zu nehmen und sich nicht diese wertvollen Beobachtungen entgehen zu lassen. Ich freue mich aber, mitteilen zu können, daß ein Querschliff, 8. albitisierter Glimmerschiefer des Pennins, nach x , N—S-Eingang ins obere Zopponitzkar ober Ollschützen Muhr, einwandfrei in Albit eingeschlossenem si den Nachweis erlaubte, daß nur ein solcher Bewegungssinn möglich ist, der das Hangende nach N verschob. Wegen Quarzarmut war die Aufnahme seines Quarzgefüges nicht möglich.

Leoben, 30. April 1926.

Dr. W. Schmidt.

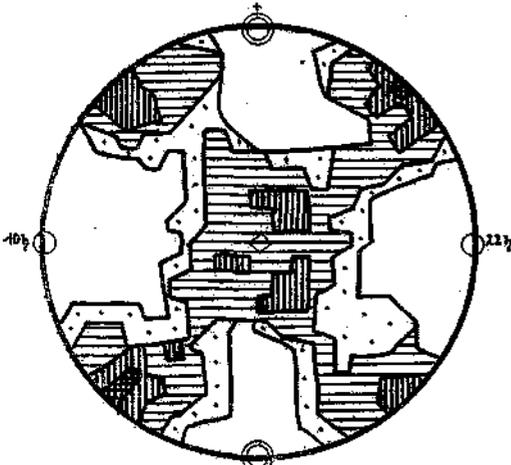


Fig. 1. 12. Quarzit.
Lantschfeld vor Tweng. 337 P.

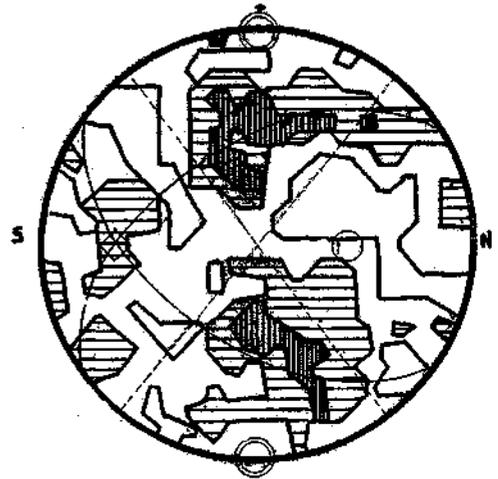


Fig. 2. 23. Quarzit.
Beilhütte. 273 P.



Fig. 3. 17. Quarzit.
Leckenkuppen. 401 P.

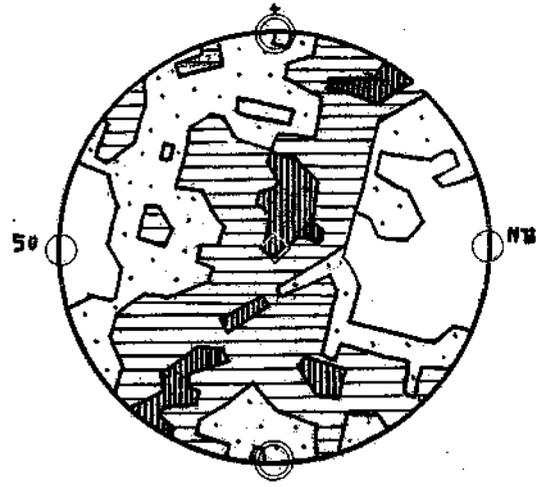


Fig. 4. 13. Quarzphyll.
Znota unġ. Blasnerġurm. 299 P.

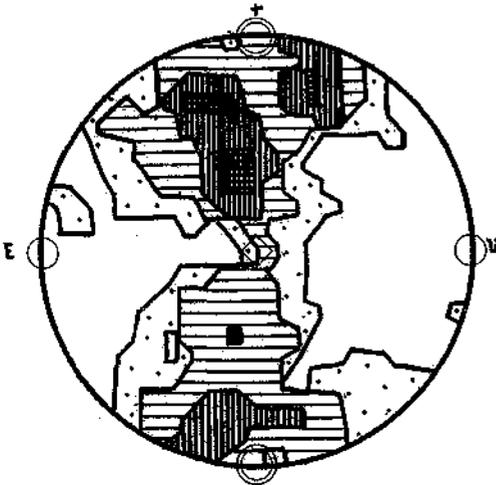


Fig. 5. 20. Diaphthorit.
Tauriskia. 378 P.

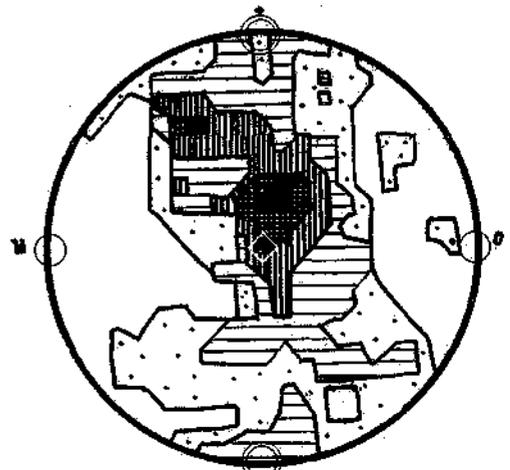


Fig. 6. 7. Gneis.
Muhr N. 178 P.

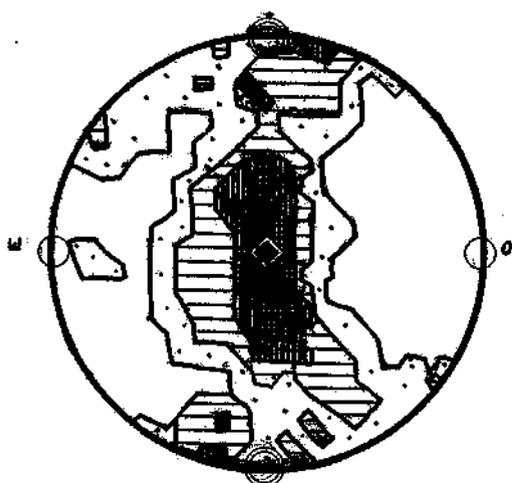


Fig. 7. 3. Glimmerschiefer.
Oblitzen. 332 P.

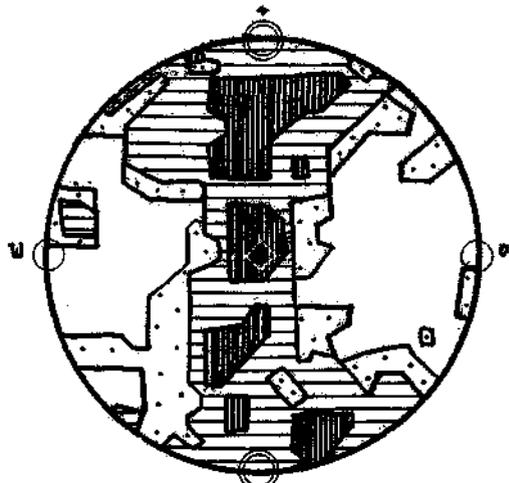


Fig. 8. 4. Gneis.
Rotgülden. 300 P.

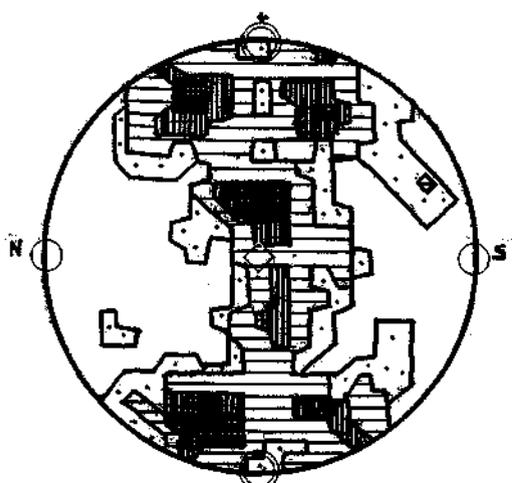


Fig. 9. 26. Quarzit.
Abstieg v. vord. Seekar, Lantschfeld. 207 P.

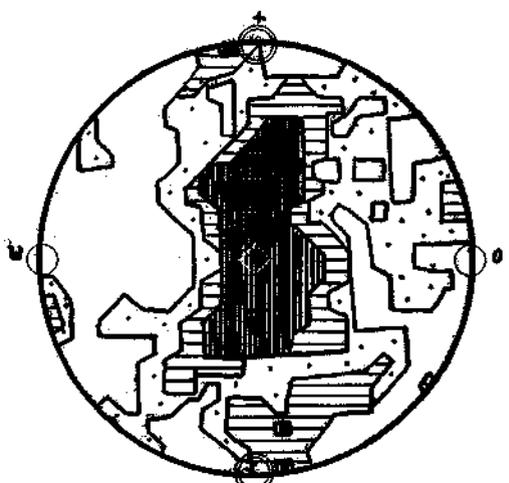


Fig. 10. 18. Quarzit.
Strimskogel. 223 P.

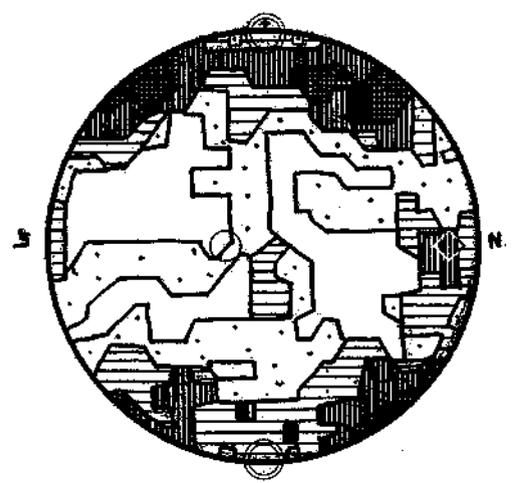


Fig. 11. 24. Quarzit.
Zw. Dickenbauer und Beilhütte. 185 P.

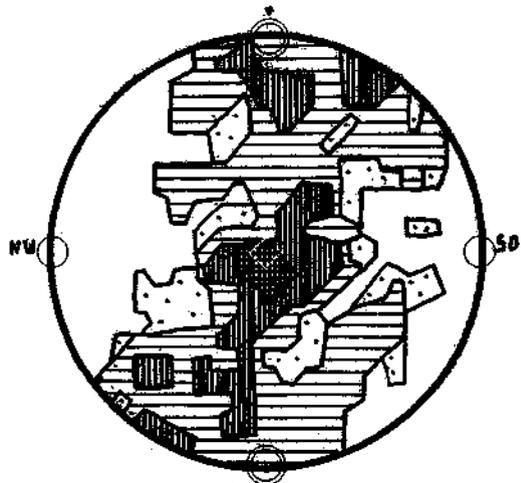


Fig. 12. 11. Phyllit.
Znota, Grubachsch. 148 P.

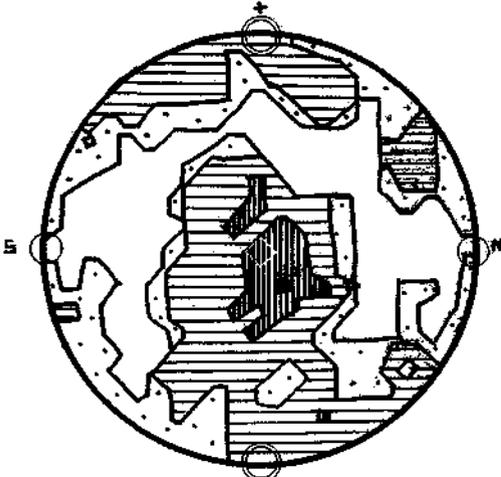


Fig. 13. 27. Quarzit.
Zw. Kesselkogel und Blausee. 340 P.

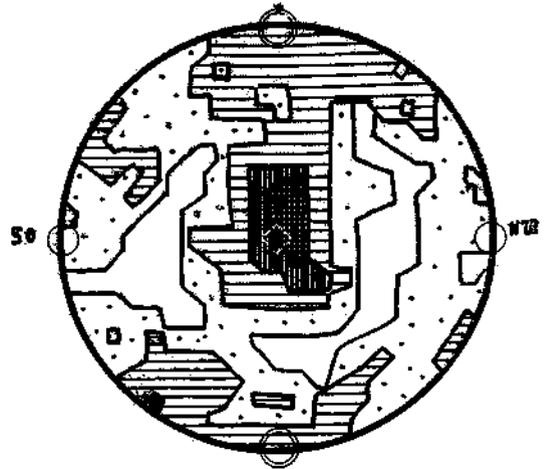


Fig. 14. 10. Glimmerschiefer.
Znotengraben unten. 323 P.

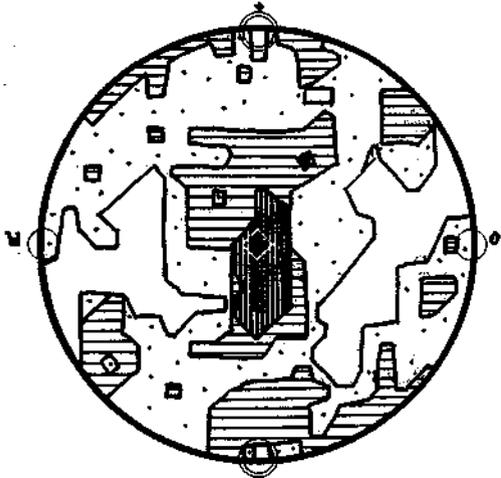


Fig. 15. 6. Glimmerschiefer.
Ob. Ende d. Zopponitzschlecht. 273 P.

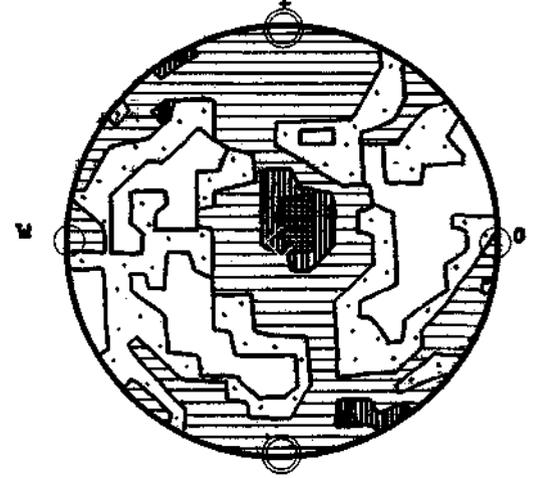


Fig. 16. 5. Kalkglimmerschiefer.
Jedl, Muhr. 300 P.

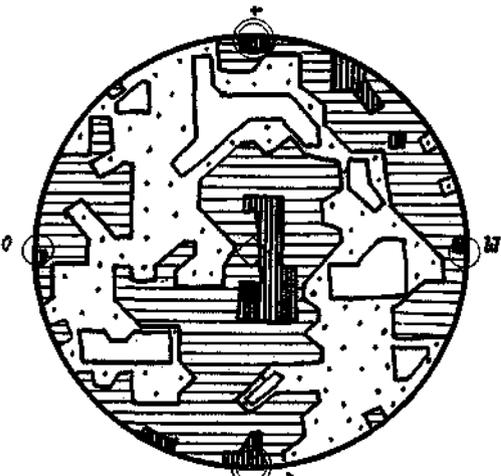


Fig. 17. 9. Kalkphyllit.
Unt. d. Zopponitzscharte. 220 P.

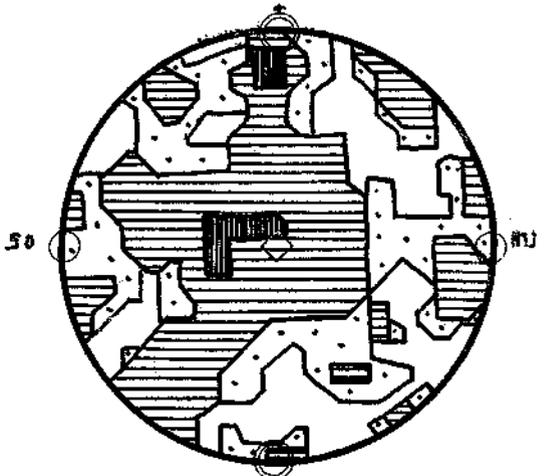


Fig. 18. 1. Kalkphyllit.
Unt. d. Zopponitzscharte. 233 P.

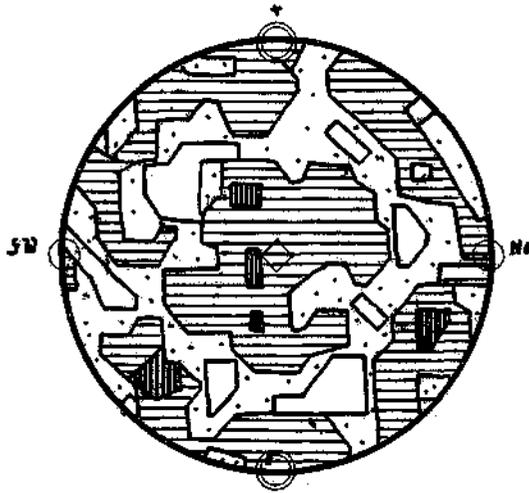


Fig. 19. 2. Albitschiefer.
Zopponitzschlucht. 253 P.

Zeichenerklärung.

Auf 1⁰/₁₀ der Halbkugel entfallen

- | | | | |
|---|--|---|----------------------------|
|  | 0—5 ⁰ / ₁₀₀ |  | x. Durchbewegungsrichtung |
|  | 5—10 ⁰ / ₁₀₀ |  | y, tektonisches Streichen. |
|  | 10—20 ⁰ / ₁₀₀ |  | z, Schieferungspol. |
|  | 20—30 ⁰ / ₁₀₀ | | |
|  | 30—40 ⁰ / ₁₀₀ | | |
|  | > 40 ⁰ / ₁₀₀ vermessener Quarzlagen. | | |