

Gefügestudien an Kalktektoniten.

Von Elfriede Felkel, Innsbruck.

(Mit 64 Textfiguren; Legende hiezu am Schluß der Arbeit.)

Einleitung.

Die nachstehende Arbeit wurde in der Arbeitsgemeinschaft des mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität Innsbruck 1926/27 unter der Leitung Prof. Sanders ausgeführt und 1928 teilweise ergänzt. Sie behandelt die passive Gefügeregelung von mittelkörnigen Kalktektoniten als einen Teil des von Sander und W. Schmidt festgehaltenen Programms, das den weiteren Ausbau und die besonders auf geologisch-genetische Fragen gerichtete Anwendung der Gefügeanalyse bezweckt. Die Entwicklung dieses Programms ist dem „Rückblick auf die Entwicklung einiger Begriffe der neueren Gesteinskunde“ I und II, L. 19 (siehe das folgende Verzeichnis), zu entnehmen.

Literatur zur Gefügeregelung und -analyse.

1. Sander, Über Zusammenhänge zwischen Teilbewegung und Gefüge in Gesteinen. — Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen, 1911, Bd. 30, S. 281—314.

2. — Über einige Gesteinstypen des Tauernwestendes. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt in Wien, 1912, Bd. 62, 2. Heft, S. 219—288.

3. — Feinschichtung, Teilbewegung und Kristallisation im Kleingefüge einiger Tiroler Schiefer. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt in Wien, 1914, Bd. 64, S. 567—596.

4. — Kristallisation und Faltung einiger Tiroler Schiefer. Ebenda, Bd. 64, S. 596—634.

5. — Über einige Gesteinsgefüge. Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen, 1915, Bd. 33, S. 62—115.

6. W. Schmidt, Mechanische Probleme der Gebirgsbildung. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 1915, Bd. VIII, S. 62—115.

*7. — Statistische Methoden beim Gefügestudium kristalliner Schiefer. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung I, 126. Bd., 6. und 7. Heft, S. 515—538.

8. — Über Kalttreckvorgänge. Jahrbuch der Montanistischen Hochschule Leoben, 1923, S. 1—7.

9. Sander (mit Pernt), Zur petrographisch-tektonischen Analyse, I. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt in Wien, 1923, Bd. 74, Heft 3 und 4, S. 183—253.

*10. Becke, Struktur und Klüftung. Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie, 1924, Bd. 9, S. 185—220.

11. Sander, Zur petrographisch-tektonischen Analyse, II. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt in Wien, 1925, Bd. 75, Heft 1 und 2, S. 181—236.

12. Schmidt, Gesteinsumformung. Denkschriften des Naturhistorischen Museums, in Wien, 1925, Bd. 3, S. 1—64.

13. Gefügestatistik. Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen 1925, Bd. 33, S. 392—423.

14. Sander, Über das Gefüge einiger Gesteinsfalten. Zentralblatt für Mineralogie usw., 1926, Abteilung B, Nr. 5, S. 168—173.

*15. — (mit Schmidegg), Zur petrographisch-tektonischen Analyse, III. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt in Wien, 1926, Bd. 76, Heft 3 und 4, S. 323—404.

16. Fischer, Gefügeregelung und Granittektonik. Neues Jahrbuch für Mineralogie usw., 1926, Beilageband LIV, Abteilung B, S. 95—114.

17. Schmidt, Gefügesymmetrie und Tektonik. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt in Wien, 1926, Bd. 76, Heft 3 und 4, S. 407—430.

18. — Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt in Wien, Jahrgang 1926, Nr. 9, S. 171—176.

19. Sander, Rückblick auf die Entwicklung einiger Begriffe der neueren Gesteinskunde, I und II. Geologisches Archiv, 1926, 4. Jahrgang, 1. Heft, S. 29—35, 3. Heft, S. 141—150.

20. — Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt in Wien, Jahrgang 1927, Nr. 4, S. 1—4.

21. Rüger, Über Blastomylonite im Grundgebirge des Odenwaldes. Notizblatt der Hessischen geologischen Landesanstalt, Darmstadt, 1927, 5, Heft 10.

22. Drescher, Über Mikroklinholblasten mit Grundgewebs einschüssen, Internregelung von Biotit und einige diesbezügliche genetische Erwägungen. Ebenda, 1927, 5, Heft 10.

23. Sander (mit Schmidegg und Korn), Über einige Glimmergefüge. Ebenda, 1927, 5, Heft 10, S. 180—208.

24. Rüger, Die direkte gebirgstreue Übertragung usw. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, 1927, 12. Abhandlung.

*25. Sander (mit Schmidegg und Felkel), Vorläufiger Bericht über Ergebnisse im mineralologisch-petrographischen Institut Innsbruck ausgeführter Gefügeanalysen. Zeitschrift für Kristallographie, 1927, Bd. 65, Heft 4.

*26. Schmidegg, Über geregelte Wachstumsgefüge. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt in Wien, 1928, Bd. 78, Heft 1 und 2, S. 1—52.

27. Christa, Über Myrmekit in zentralalpinen Gesteinen. Neues Jahrbuch für Mineralogie usw., 1928, Beilageband LVII, Abteilung A, S. 1185.

28. Sander (mit Korn), Über einen Fall von Kristallisationsschieferung mit Internregelung. Ebenda, S. 1149—1184.

29. Schmidt, Zur Regelung zweiachsiger Mineralien in kristallinen Schiefen. Ebenda, S. 203—222.

*30. Sander, Über Tektonite mit Gürtelgefüge. Fennia 50, Sederholm-festschrift, Nr. 14, Helsinki, 1928, S. 1—25.

Die mit * bezeichneten Arbeiten enthalten Angaben über die Regelung des Kalzit. Von Arbeiten, die spezielle Angaben über den Kalzit und seine Deformation enthalten, wurden in Betracht gezogen:

31. Mägge, Beiträge zur Kenntnis der Strukturflächen des Kalkspats usw. Neues Jahrbuch für Mineralogie usw., 1883, I, S. 32 und 81.

32. — Über Translationen und verwandte Erscheinungen in Kristallen. Ebendort, 1898, I, S. 71.

33. Rinne, Zur Kenntnis der Umformung von Kalkspatkristallen und Marmor unter allseitigem Druck. Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1903, I, S. 160.

34. A. Johnsen, Die Struktureigenschaften der Kristalle. Fortschritte der Min., Bd. 3, S. 93, 1913.

35. Mägge, Über deformierte Kalkspate aus dem Devon des Sauerlandes. Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1913, Bd. 1, S. 1—8.

36. Sander (Felkel, Drescher), Festigkeit und Gefügeregel am Beispiel eines Marmors. Im Druck.

Einige weitere Literaturangaben im Text.

Die vorliegende Arbeit knüpfte unmittelbar an den Stand in L 15 an.

Die hier untersuchten Stücke wurden von Professor Sander anlässlich der Aufnahme seinen in regionalgeologischen Arbeiten bereits beschriebenen Gebieten entnommen, so daß hier auch eine weitere Ergänzung jener Arbeiten vorliegt.

Meinem Lehrer, Herrn Professor Sander, danke ich also die Fragestellung und das Material der Arbeit, ferner unablässige Bemühungen um die Beschaffung des optischen Instrumentars und die Belebung meiner Arbeit durch ständige Beratung.

Zur Untersuchungsmethode.

Die räumliche Analyse des Gefüges erfolgte mit Hilfe des Fedorowschen Universaldrehtisches mit Schmidtschem Parallelführer nach dem Vorgange von Schmidt und Sander (L. 13 und 14). Die ausführliche Darstellung der in ihren Grundlagen von Berek (Universaldrehtischmethoden, Berlin, Borntraeger 1924) ausgearbeiteten Methode, die Schmidt (L. 13, 1925) zum erstenmal für statistische Zwecke ausgewertet hat, ist in L. 13 und 14 gegeben.

Diese Methode ermöglicht für jede Kornlage die Verzeichnung bestimmter optischer Daten (z. B. Achsen, Bisektrizen, optische Achsenebenen von Zwillingen) oder, wie dies Sander in L. 14 durchführte, kristallographischer Daten (Zwillings-, bzw. Translationslamellen, Spalt- risse) der Gefügekörner auf einer Lagenkugel. Man liest an Teilkreisen des U-Tisches die Drehungen ab, die man jedem Korn eines parallelverschobenen Gefügeschnittes erteilen muß bis zur Einstellung desselben optischen, bzw. kristallographischen Datums des Kornes in dieselbe festgehaltene Bezugsrichtung (= Tubusachse). Und man trägt die gemessenen Winkelgrößen nach Schmidt (L. 13) in der flächentreuen Azimutalprojektion der Lagenkugel ab. Die Flächentreue der Projektion ermöglicht die Vergleichbarkeit der Poldichten. Die nach dem Schmidtschen Auszählverfahren gleich dicht besetzten Stellen werden in bestimmten Abstufungen zusammengefaßt zu Dichtefeldern; diese sind in den beigegebenen Diagrammen dargestellt.

Anschließend an die früheren Publikationen L. 13—14 sind übereinkommengemäß auch in dieser Arbeit die Projektionen der unteren Halbkugel in den Diagrammen gegeben. Das erwies sich zwar für die Übertragung auf eine von uns verwendete wirkliche Lagenkugel (mit aufgezeichnetem Gradnetz und beweglichem, ebenfalls mit Gradeinteilung versehenem Äquatorring) zunächst etwas unbequem, da man auf deren oberer Hälfte einträgt. Das Diagramm kann jedoch leicht für die direkte Einzeichnung auf der oberen Hälfte vorbereitet werden, indem man auf eine Oleate die wesentlichen Züge überträgt und die Oleate dann um eine zur Zeichenebene \perp Achse um 180° dreht.

Die Diagramme sind, wenn nicht anders angegeben, in der Wiedergabe so aufgestellt und auf die Projektion der Lagenkugel gelegt zu denken, daß die Spur der Schieferung horizontal, also im Äquator verläuft; die Orientierungsangaben bei der Beschreibung beziehen sich auf die geographisch übliche Aufstellung der Kugelprojektion, der N-S-Meridian verläuft also von oben nach unten.

Bei der ungenetischen Bezeichnung von äußerlich sichtbaren Vorzugsrichtungen bzw. -ebenen eines Gesteinsstückes wurde dem Gebrauche Sanders beim Studium von Falten- und Stengeiformen (L. 14) gefolgt:

s = mechanisch ausgezeichnete Flächenschar des Gefüges (andernfalls ausdrücklich als mechanisch belangloses, bloß vorgezeichnetes *s* bezeichnet);

B = lineare Vorzugsrichtung („Streckung“, Riefung in *s*, Stengelung), zusammenfallend mit etwa vorhandenen Faltungsachsen.

Die Richtungen im Gefüge werden durch das Schmidtsche Koordinatenkreuz (L. 17) bezeichnet, wobei aber bemerkt wird, daß nach einem mündlichen Hinweis Sanders $Y\bar{Y}$ in vielen alpinen und variszischen Beispielen nicht mit dem tektonischen Streichen zusammenfällt.

Es gibt eben Fälle, in welchen die tektonische Orientierung Schmidts im Interesse der voraussetzungslosen Gefügeanalyse wenigstens zunächst dahingestellt bleiben muß; und damit ergibt sich das Bedürfnis nach einer Bezeichnung der rein deskriptiven und von geographisch-tektonischen Koordinaten begrifflich unabhängigen Gefügedaten; wir verwenden Schmidts Koordinatenbezeichnungen groß geschrieben als reine Gefügedaten:

$$\begin{aligned} \text{ausgezeichnete Ebenenschar} &= XY \\ \text{Lot auf derselben} &= Z\bar{Z} \\ \text{Lot auf Ebene } (XZ) &= Y\bar{Y} \end{aligned}$$

In den hier behandelten Tektoniten wird (XY) als Scherfläche, $(X\bar{X})$ als Translationsrichtung, $Y\bar{Y}$ als singuläre Gefügeachse $\perp (XZ)$ aufgefaßt. Die Richtung $Y\bar{Y}$ bleibt fix auch in Gefügen, welche man durch Rotation von X und Z um Y darstellen kann (siehe unten S. 49).

Man sieht, daß sich für homoachs deformierte Gefüge ohne Reliktstrukturen und ohne Umstellung gegenüber einem früheren tektonischen Beanspruchungsplan eben xyz Schmidts (als tektonische Koordinaten) mit XYZ als Gefügekoordinaten deckt, also für zahlreiche Fälle, was aber die Unterscheidung nicht überflüssig macht.

Kombination der Schriffe und Diagramme. Zur vollständigen statistischen Übersicht über die räumliche Anordnung z. B. von Gitterebenen, deren Beobachtungsmöglichkeit beschränkt ist (s. u.), und über die Gefügetracht und Intergranularverhältnisse der Gefügekörner reicht die Analyse eines einzigen Schriffes nicht aus. Bei der Herstellung von Ergänzungsschriffen bestimmter Lage muß man natürlich darauf achten, daß sie eindeutig aufeinander beziehbar sind, damit man ihre Diagramme zur Deckung bringen kann.

Leider sind, wie sich bei der Durchsicht der Diagramme zeigen wird, viele Schriffe nicht genau in den Symmetrieebenen $\parallel B$ bzw. $\perp B$ geführt, störende Desorientierungen, die sich meist auch am Bild des Schriffes und an den Anschliffflächen der Handstückreste dem Diagramm gegenüber bestätigen lassen. Der Grund liegt darin, daß die Herstellung genau orientierter Schriffe im hiesigen Institut, wo eine fortlaufende Kontrolle möglich wäre, scheiterte am Mangel an Geldmitteln und vor allem Einrichtungen; und im Betrieb der herangezogenen Firmen war es trotz genauer Einzeichnung am Material und eindringlicher Instruktionen nicht immer möglich, verlässliche Einhaltung derselben mit einer guten Präparation zu verbinden.

Der Neuanfertigung von Schriffen nach der sich aus den Diagrammen ergebenden Orientierung waren aber Grenzen gesteckt nach Maßgabe des Vorrats an schon vorhandenem, als Aufnahmsbelegstücke aufgesammeltem Material, das heute nicht mehr ergänzbar ist, weil das damalige Aufnahmsgebiet Prof. Sanders größtenteils auf nunmehr italienischem Boden liegt in der Zone, innerhalb der nicht nur „sämtliche

Erhebungen irgendwelcher Art“, sondern auch das bloße Betreten des Gebietes (außerhalb des bewohnten) verboten ist; und gerade die hochkristallinen Kalke der Schieferhüllen und andere zentralalpine bzw. Südtiroler Marmore kämen schon der günstigen Korngröße halber und ihres regionalgeologisch-tektonischen Interesses wegen für die Untersuchung in erster Linie in Betracht.

Die Diagramme lassen sich bekanntlich auf jede gewünschte Ebene bringen durch konstruktive Rotation: Man legt die Schnittlinie der gewünschten Projektionsfläche mit der Zeichenebene des Ausgangsdiagramms als Rotationsachse auf den N-S-Meridian des Gradnetzes und verschiebt an den Kleinkreisen die Pole bzw. die Konturen der Dichtefelder um den Betrag des Winkels α , den die Lote auf die beiden Ebenen einschließen. Um sich beim Übergreifen auf den diametral gegenüberliegenden Rand das jedesmalige Abzählen des Azimuts und die Subtraktionen der Höhen an den Kleinkreisen zu ersparen, verschiebt man zuerst den vom Pfeil der Rotationsrichtung abgewendeten Quadranten der Projektion um den gewünschten Betrag α in der für die untere Halbkugel zutreffenden Richtung; dann wendet man die Oleate (d. h. man dreht um die OW-Achse des Ausgangsdiagramms um 180°) und kann dann ebenfalls innerhalb einer Kugelhälfte verschieben, u. zw. um den Betrag von $180 - \alpha$ in der der ursprünglichen entgegengesetzten Richtung.

Die Rotation von Ergänzungsdiagrammen ist, wie erwähnt, nötig bei der Aufnahme von kristallographischen Ebenen des Kornes, deren Lage sich nur einmessen läßt durch direkte Drehung der Ebene selbst in die Sagittalstellung und sich nicht auf verschiedene Weise indirekt ermitteln läßt, wie z. B. die Lage der optischen Achse Einachsiger aus Achsen- und Äquatorstellung. Flächen, die gegen die Schlifflnormale $\leq 64^\circ$ (= Grenzwinkel der Totalreflexion am Objektträger) geneigt sind, müssen in dem betreffenden Diagramm auf jeden Fall ausfallen; aber schon bei geringeren Schiefen erschwert sich in vielen Fällen die Einstellung, bzw. die Auffindung der Lamellenspuren; besonders wenn mehrere Lamellensysteme im Korn auftreten oder wenn die Körnerdimensionen in der Schlifflfläche nicht viel größer sind als ihre Tiefe \perp dazu, treten bei Schiefstellung störende Reflexionen an den seitlichen Berührungsflächen der Körner auf usw.

Als Lamelle wird dabei nicht nur die Berührungsfläche zweier in Zwillingstellung befindlicher Kornteile bezeichnet, sondern auch sehr häufig auftretende Diskontinuitätsflächen in optisch beiderseits derselben gleichorientierten Körnern, deren Spuren bei Einstellung dieser Ebene parallel zur Tubusachse als scharfe, dunkle Striche erscheinen, die sich bei Schiefstellung in parallele, farbige Streifen verbreitern (Interferenzfarben infolge Keilwirkung).

Betrachten wir auf der Lagenkugel zu bestimmten Schlifflagen die Felder möglicher Besetzung bei Kleinerwerden des Winkels φ (= Winkel der einzumessenden Fläche mit der Schlifflnormalen an der Meßbarkeitsgrenze). Die Meßbarkeitsgrenze hängt nicht nur von Instrumentarkonstanten, Segment, Immersionsflüssigkeit usw., sondern auch von der

jeweiligen Beschaffenheit (Korngröße, Erhaltungszustand) des Minerals als Gefügekorn ab. Schmidegg z. B. gibt in L. 26 für seine Materialien $\varphi \cong 30^\circ$ an.

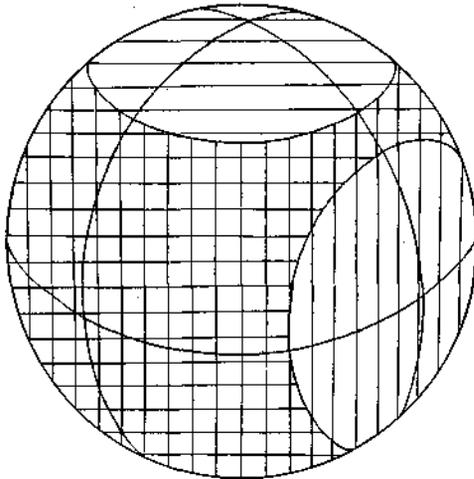


Fig. 1.

Die Fig. 1—3 stellen die Verhältnisse auf der Lagenkugel dar für ausgezeichnete Werte des Winkels φ , durch welche Zahl und Lage der Schiffe bestimmt wird, die nötig sind, um alle Lagenmöglichkeiten zu umfassen.

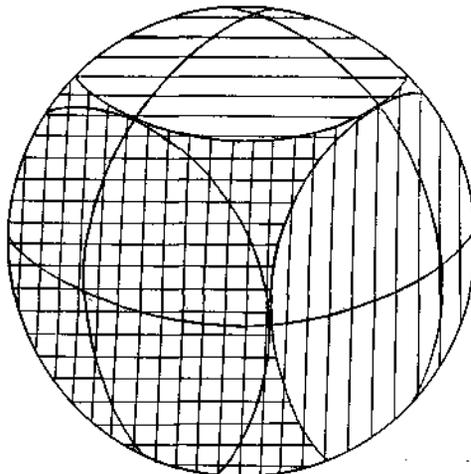


Fig. 2.

Für $64^\circ > \varphi > 45^\circ$ (Fig. 1) genügen zwei aufeinander senkrechte Schiffe; bis auf die beiden Kalotten mit dem Radius $\rho = 90 - \varphi$ überdecken sich die Felder beider Schiffe; der Ergänzungsschliff kann aus der Lage \perp zum ersten um $\sphericalangle (\varphi - 45^\circ)$ herauspendeln. Fig. 2: $\varphi = 45^\circ$.

Für $\varphi < 45^\circ$ (Fig. 3) treten die den beiden Schläffen entsprechenden Besetzungsgürtel auseinander und lassen sphärische Zweiecke zwischen sich unbesetzt, wodurch die Aufnahme eines dritten Schliffes erforderlich wird.

Von $\varphi < 35^\circ 15' 52''$ an öffnet sich im Mittelpunkt jedes Oktanten ein sphärisches Dreieck, das von keinem der aufeinander normalen Gürtel mehr erreicht wird und zwei weitere Schläffe nötig macht; der nächste Grenzwert von $22^\circ 30'$ kommt praktisch wohl nicht mehr in Betracht.

Zur Addition der Lamellendiagramme zu Sammeldiagrammen sind aber folgende Vorbehalte ausdrücklich zu bemerken: Im strengeren Sinn ist es unkorrekt, die Dichten zweier Diagramme verschieden orientierter Schläffe zu vergleichen (was ja schon durch die Bemusterung geschieht), weil sich die beiden Diagramme nicht auf die (gleiche) Gesamtbesetzungszahl der Lagenkugel beziehen können, sondern nur auf

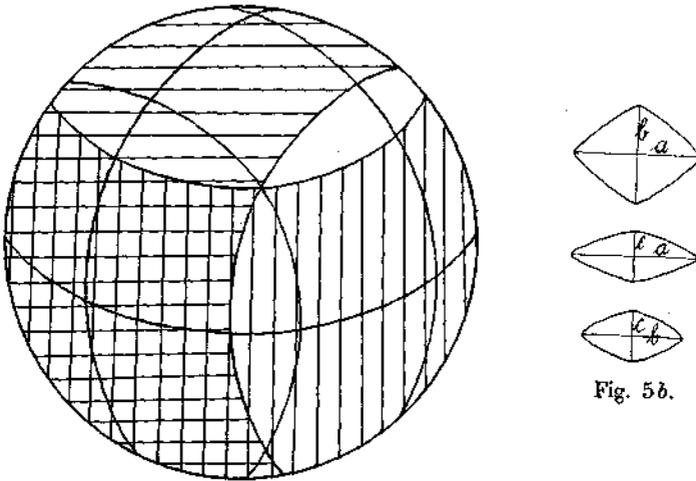


Fig. 3.

Fig. 5b.

die im jeweils meßbaren Bereich, also abzüglich der zunächst unbekanntem Besetzungsdichte des Ausfallbereichs. Nehmen wir z. B. an, die Lagenkugel hätte ein scharfes Maximum und im übrigen schwache Streuung etwa in einem Gürtel, und nun fiel in dem einen Schläff gerade dieses Maximum aus, während es im zweiten optimal zur Vermessung kommt. Man überblickt sofort, daß im ersten Fall der Gürtel überbetont wird, wie es ferner wichtig ist, nicht nur die Polzahl, sondern auch die Anzahl der vermessenen Körner bzw. die Zahl der Körner, die überhaupt kein Datum liefern, in den Vergleich einzubeziehen.

Ein gemeinsames Maß für den unmittelbaren Vergleich ließe sich jedoch annähernd so gewinnen, daß man die beiden Diagramme so lange füllt, bis man in dem gemeinsamen, auf der Lagenkugel sich überdeckenden Bereich die gleiche Absolutzahl von Polen erreicht hat; dann könnte man die Pole im Ausfallbereich aus dem entsprechend orientierten zweiten Diagramm durch Rotation ergänzen und dann das so vervollständigte Punktdiagramm auszählen.

Um den maximalen Fehler einzuschätzen, den man bei Vernachlässigung der Ausfallbesetzung macht, indem man ausgezählte Diagramme durch Rotation übereinanderlegt, betrachten wir einen Extremfall: Maximalbesetzung von durchschnittlich 4% im ganzen unmeßbaren Bereich; das sind für $\rho = 29^\circ$ 12.5% der Kugelfläche. Dadurch würde die Gesamtzahl der Pole um $50p$ erhöht ($p =$ Zahl der auf 1 Flächenprozent der Lagenkugel entfallenden Körner); nehmen wir für die übrige Fläche der Lagenkugel durchschnittlich Unterbesetzung von zirka $\frac{1}{2}\%$ an, so erhält man nur $50p$ Körner als Bezugszahl der Besetzungsdichte, bzw. es sind die direkt gefundenen Prozentzahlen in diesem Extremfall auf die Hälfte zu reduzieren; während für die ungleich zahlreicheren, wahrscheinlicheren Fälle Verminderung des Fehlers zu erwarten ist durch Überbesetzung auch des meßbaren Bereichs, schwächere Betonung bzw. Beschränkung des Maximums im Ausfallsbereich auf einen Teil dieses Arealen usw.

Und tatsächlich handelt es sich auch in unseren Beispielen zumeist um Rotationen um das Lot auf die Schieferungsebene, wobei das (wie sich zeigen wird) im Pol der Schieferungsebene auftretende überwiegende Maximum beiden Diagrammen gemeinsam ist; und damit erscheint der Fehler auf ein für Übersichtszwecke annehmbares Maß reduziert.

Zur Einmessung.

Für die Zwecke der feineren Analyse wurden an jedem Korn gleichzeitig eingemessen:

- 1) die optische Achse (an Zwillingen nur 1);
- 2) sämtliche faßbaren Lamellen.

Der Winkel zwischen Achse und Lamellen ergab sich bei so zahlreichen und teilweise einander kontrollierenden Messungen (bei mehreren Lamellensystemen in einem Korn) fast ausnahmslos zu 26° (mit einem mittleren Fehler von $+3^\circ$), so daß die Lamellen, auch wenn es keine Zwillinge sind, mit $(01\bar{1}2) = e$ -Flächen (nach Dana) zu identifizieren sind. Nur ganz ausnahmsweise ergab ein dann deutlicher Riß einen Winkel von zirka 44° $[(10\bar{1}1) : c]$.

Durch zwei Eintragungen 1) und 2) ist die betreffende Korngleitrichtung bestimmbar (= Kantenrichtung $(\bar{1}101) : (0111) =$ kürzere Diagonale von $(\bar{1}012) = [10\bar{1}1]$). Die Gleitrichtung liegt in der Gleitfläche und zwar in deren Schnitt mit der „Ebene der Schiebung“ normal zur Gleitfläche, welche die c -Achse (bzw. bei Zwillingsschiebung die beiden c -Achsen) enthält. Man findet also den Ausstichpunkt der Gleitrichtung in der Projektion (Fig. 4), indem man auf dem Großkreis, der den Pol der Gleitfläche P_g mit dem Achsenpol P_A verbindet, von P_g aus 90° oder von P_A aus $90 - 26 = 64^\circ$ abträgt (in letzterem Falle in der dem Lamellenpol abgewendeten Richtung).

In Fig. 4 ist eine Projektion (obere Halbkugel!) der in Rede stehenden Korndaten gegeben, der statt des Wulffschen Netzes dasselbe flächentreue Gradnetz wie den Diagrammen unterlegt ist.

Die c -Achse des Ausgangsindividuums sticht im Mittelpunkt der Projektion aus, im Abstand $26^\circ 15'$ von der Achse und $45^\circ 3'$ von-

einander liegen die Pole der Gleitflächen $(\bar{1}012)$, $(1\bar{1}02)$, $(01\bar{1}2)$, zu denen nach obiger Konstruktion die zugehörigen Gleitrichtungen als Kreischen (○) eingetragen sind.

Wenn in einem Korn zwei Gleitrichtungen bestimmbar waren, so wurden auch die Symmetralen des Winkels, den sie miteinander einschließen, verzeichnet; ein Datum, auf das besonders seiner Rolle in der Metallographie wegen eingegangen wurde.

Betrachten wir (in Fig. 4) z. B. die zu $(01\bar{1}2)$ und $(1\bar{1}02)$ gehörigen Gleitrichtungspole (○) $[0111]$ und $[\bar{1}101]$, so liegt der Symmetralenpol

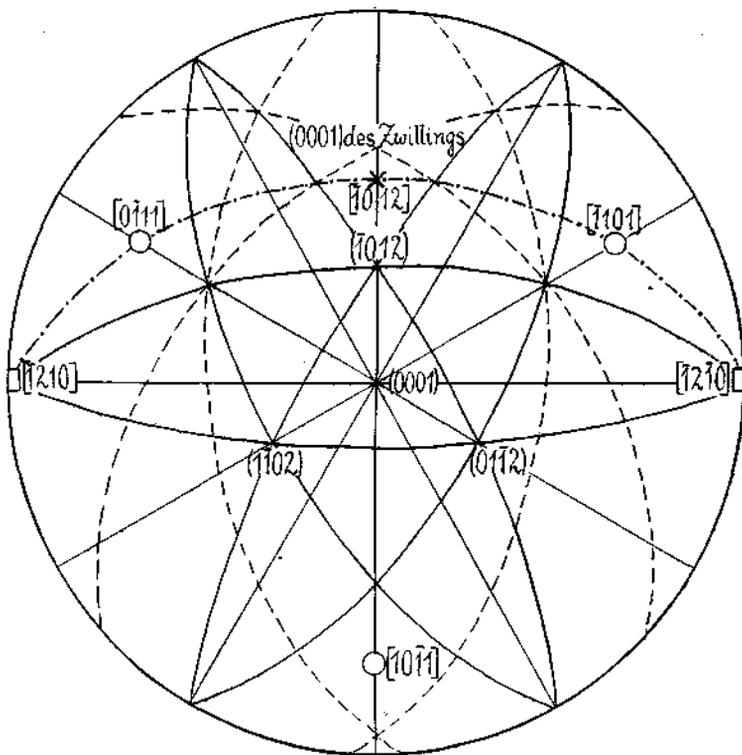


Fig. 4.

$R_{syg} (\times) = [\bar{1}012]$ des größeren Winkels ($= 101^\circ 20'$) zwischen diesen beiden Gleitrichtungen im Schnitt des Großkreises, der ihre beiden Ausstichpunkte verbindet mit dem Hauptzonenkreis, der den Pol der dritten Gleitfläche $(\bar{1}012)$ und (0001) enthält; R_{syg} liegt also in einer Symmetrieebene und sticht $19\frac{1}{2}^\circ$ vom Pol der (1012) -Fläche aus.

Die Symmetrale $R_{syk} (\square)$ des kleineren Winkels (von $78^\circ 40'$) zwischen den beiden Gleitrichtungen liegt in der Ebene $\perp c$ senkrecht zur Symmetrieebene, die R_{syg} enthält und wird dadurch als $[\bar{1}2\bar{1}0]$ bestimmt. R_{syk} fällt mit dem Pol der Ebene zusammen, die den größeren Winkel der beiden zugehörigen Gleitflächen $[(01\bar{1}2)$ und $(1\bar{1}02)]$ halbiert, der zur Kontrolle ebenfalls eingetragen wird; denn diese Koinzidenz ermöglicht

erst eine zuverlässigere Unterscheidung der ihrer Symmetrie nach ungleichwertigen Symmetralen R_{syg} und R_{syk}, als sie durch die Differenz der beiden Winkel (von 102—78°) gegeben wäre (12° liegt nahe an der Fehlergrenze!).

Sämtliche von einem Korn eingetragenen Daten, also: Achse, Lamellen, Gleitrichtungen ○ und eventuell Symmetralen □ und × wurden mit derselben Zahl indiziert, um später die Beziehungen der zu den wiedergegebenen Diagrammen zusammengefaßten Gesamtverteilungen der einzelnen Daten am Einzelkorn illustrieren zu können. Aus diesem Grunde wurde die Aufnahme in zahlreichen, dünn besetzten Teildiagrammen vollzogen.

Durch die übliche Variation der Signaturen für jede einigermaßen unterscheidbare Kornkategorie (die ja leicht wieder zusammengefaßt werden können) auch im mineralogisch gleichartigen Gefüge, z. B. bei einem auffallenden Wechsel in Größe, Form, mechanischer Beanspruchung usw., ermöglicht sich eine weitere Gliederung und Deutbarkeit einzelner Züge in den Sammeldiagrammen, gelingt es eventuell, die Überlagerung verschiedener Regelungen aufzulösen und einem bestimmten Kornhabitus zuzuordnen (Beispiel siehe unter „Rekristallisation“).

Die Ausbildung von Lamellen gestattet sofort ohne U-Tisch eine rohe Übersicht über die ausgezeichneten Kornlagen im Gefüge: in scharf geregelten Kalktektoniten (z. B. den unter Regel I beschriebenen) fällt die Parallelstellung der Lamellen schon deswegen sofort auf, weil in 75% der Körner nur diese eine Lamelle ausgebildet ist, die in das Maximum des Diagramms hineinfällt. Ob die zugehörigen Achsen innerhalb des ihnen nach den Lamellenlagen zukommenden Besetzungsraums noch besondere Stellen bevorzugen, darüber entscheidet eine Drehung des Tisches bis zu 26° über die Hauptlamellenrichtung hinaus nach beiden Seiten hin; wenn nur nach einer Richtung hin ein gemeinsames Auslöschen einer überwiegenden Mehrzahl auftritt, so ist die einseitige Achsenkonzentration erwiesen. Aber auch in den vielen andern Fällen, in denen der größere Teil der Körner zwei Lamellen entwickelt hat, lassen sich gerade daraus schon ohne U-Tisch Aussagen über die Achsenlagen machen: die Achse muß ja in der Ebene liegen, die den stumpfen Winkel der sich kreuzenden Lamellensysteme halbiert; die Beschaffenheit der Tracen selbst, ihre Schärfe oder farbige Breite und die Interferenzfarben der dazwischenliegenden Kornteile geben dann weitere Anhaltspunkte für die Lage der c-Richtung innerhalb der genannten Ebene (in bezug auf die Schliifebene).

Die Ausbildung der Lamellen ersetzt so beim Kalzit den bei den niedrig Doppelbrechenden immer noch sehr angenehmen optischen Übersichtsanalysator, das Gipsplättchen.

Zum Auffinden und Hervorheben von Zügen der mikroskopischen Struktur an größeren Gesteinsproben, zur Hervorhebung von Sprüngen, Scherflächen, Lagenwechsel von Körnern verschiedener Größe am Handstück wurde das Hirschwaldsche Färbeverfahren verwendet (Hirschwald, Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung, Berlin, Bornträger, 1912.) Die Probestücke werden mit polierten Anschliffen versehen und etwa 48 Stunden lang in alkoholische Nigrosinlösung getaucht.

Die Unterscheidung von Kalzit und Dolomit im Schliiff erfolgte mittels des auch in L. 26 angegebenen Färbeverfahrens: Man läßt zuerst etwa eine halbe Minute lang Eisenchloridlösung, nach gutem Auswaschen Schwefelammonium einwirken; dann färbt sich Kalzit tiefschwarz, während Dolomit ungefärbt bleibt.

Typisierung monomikter Kalk- und Dolomitbeispiele.

Typus I. Nachkristalline Deformation durch einscharige Scherung.

Regel I. Beispiele: Marmor von der Griesscharte am Hochfeiler, Vennatal am Brenner, Uttenheim (Tauerfer Tal).

Graue bis weiße, reine hochkristalline Kalke mit makroskopisch nur schwach angedeuteter Vorzugsrichtung in deutlichem s . Es wird sich am Ende dieser Beschreibung zeigen, daß s in diesen Fällen durch die Mittel-lage aller eingeregelteten $e = \langle 01\bar{1}2 \rangle$ -Flächen und die damit zusammenfallende Hauptebene der Intergranulare gegeben ist.

Das mikroskopische Gefüge zeigt stärkste nachkristalline Schieferung: in Schnitten $\perp s$ ein engverfilztes, flachlinsig-spitzpolyedrisches Korngefüge mit subparallel gerichteten Längsachsen und annähernd gleichgeordneten Lamellensträhnen, die enggeschart Korn für Korn durchziehen; die Mehrzahl der Kornsnitte löscht fast gleichzeitig aus, auf jeden Fall umfaßt eine Drehung des Schliffes um einen viel kleineren Winkel als 45° alle Auslöschungslagen; der Schliiff $\parallel s$ ist überisotrop; zieht man ihn im konvergenten Licht rasch durchs Gesichtsfeld, so jagt ein Achsenbild das andere usw.; die Symptome einer scharfen Regelung lassen sich also schon bei gewöhnlicher mikroskopischer Betrachtung unzweifelhaft feststellen und erzeugen als Anzeichen einer starken nachkristallinen Deformation ein Bild, das dem von kaltgereckten Metallen (siehe I. Czochralski, Moderne Metallkunde, Berlin, Springer, 1924, S. 107) ganz entspricht.

Intergranulare. Zur Untersuchung der Intergranularverhältnisse sind mindestens zwei aufeinander \perp Schliffe, gegebenenfalls nach Hauptebenen der Grobsymmetrie eingerichtet, nötig; verwendet wurden meist drei Schliffe: $\parallel s$; $\perp s$, $\perp B$; $\perp s$, $\parallel B$.

Die Formen der Kornumrisse sind in unserm Fall in den Schliffen $\perp s$, abgesehen von den Einzelheiten des Randes, weit vorherrschend spitzwinkelige Parallelogramme mit der längeren Diagonale subparallel s ; im Schliiff $\parallel s$ herrschen breithombische, nahezu quadratische Schnitte weit vor; der Symmetrietypus ist der eines dreiachsigen Ellipsoids mit dem Achsenverhältnis $a : b : c = (2-):3 : 2 : 1$, das sich einem Rotationsellipsoid nähert, dessen singuläre Achse die kürzeste (c) ist und normal zu s steht.

Die Umgrenzungslinie des einzelnen Kornes ist unruhig zackig aus- und einspringend; in vielen Fällen läßt sie sich auflösen in Stufen \parallel den Lamellen im Korninnern, Fig. 5; die Beträge, um welche dabei die eine Flanke einer Lamelle hinter der nächsten zurückbleibt, die Höhen der

Stufen, sind im selben Korn oft ganz verschieden und keineswegs etwa proportional der Breite der Lamellen bzw. der verzwillingten Kornteile; es entsprechen sogar nicht selten größere Lamellenmächtigkeiten im selben System kleineren Stufenbeträgen. Dies weist darauf hin, daß die Stufung nicht durch Zwillingschiebung allein zustande kommt, sondern daß auch Translation an den Zwillingsflächen dazutritt.

In den selteneren Fällen, wo in einem Korn zwei Lamellensysteme ausgebildet sind, folgt die Kornkontur oft abwechselnd umspringend bald dem einen, bald dem andern System; dasselbe Übergreifen der Korngrenze auf zwei Gleitflächenscharen tritt auch auf, wenn die zwei benutzten Systeme gar nicht demselben Korn angehören, sondern Nachbar-körnern.

Das in den meisten Körnern als einziges entwickelte Lamellensystem (bzw. dessen Spur im Schnitt) liegt entweder \parallel der langen Diagonale

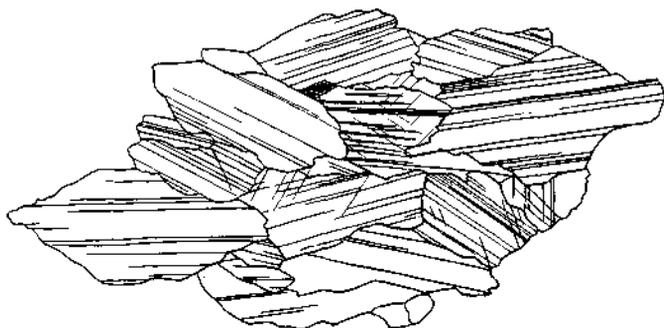


Fig. 5 a.

des Kornes ziemlich genau in s oder noch häufiger \parallel einer Seite des Rhomboids etwas gegen s geneigt: die Mehrzahl der Körner hat bis zu einem Grenzwinkel von zirka 12° symmetrisch zu s eine Gleitfläche eingeregelt. In benachbarten Körnern hat diese Schiefstellung fast stets entgegengesetzten Sinn; die Korngrenze folgt den verzahnten Lamellen, bei feiner Stufung erscheint die Resultierende fast gerade $\parallel s$ und verstärkt zusammen mit den glatt nach einer Lamelle abgescherten Flanken (in den Schliffen $\perp XY$ häufig) das Bild der Schiefrigkeit im Gegensatz zu dem unruhigen Zickzack der Korngrenzen in der Richtung \perp zur Schieferungspur.

U-Tischanalyse. (Über den Aufnahmevorgang vgl. S. 40 ff.)

Die Lamellendiagramme (Verzeichnung sämtlicher sichtbaren Lamellen) zweier aufeinander \perp Schnitte, Fig. 6 und 8, zeigen übereinstimmend die scharf betonte Konzentration der Pole von e um die Normale auf s ; sämtliche Gleitflächen der Gefügekörner sind eingeregelt, es gibt überhaupt in keinem Korn eine sichtbare Gleitfläche, die von der s -Fläche um einen größeren Winkel abweicht, als der äußerste Punkt des Lamellenhäufungsfeldes vom Pol der s -Fläche.

Das Maximum ist seiner Form nach fast in allen Fällen nach einer Richtung gestreckt und deutlich gekerbt oder geteilt; dies entspricht der

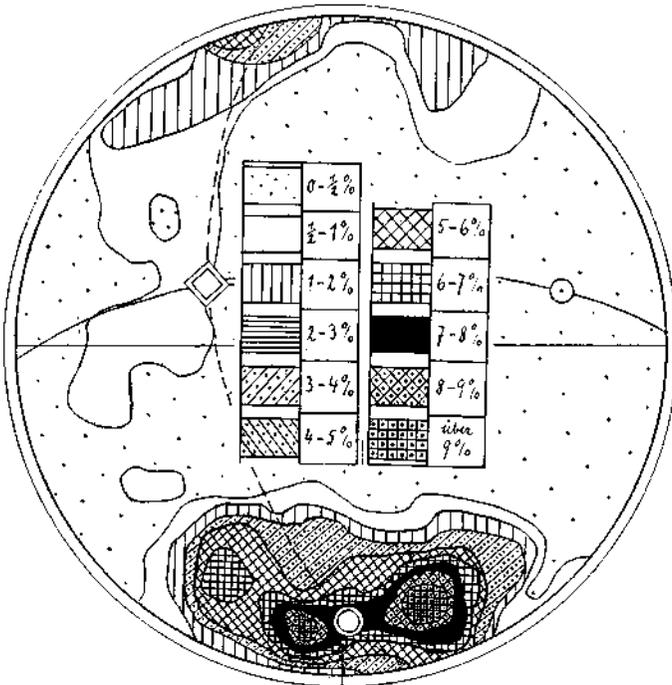


Fig. 6.

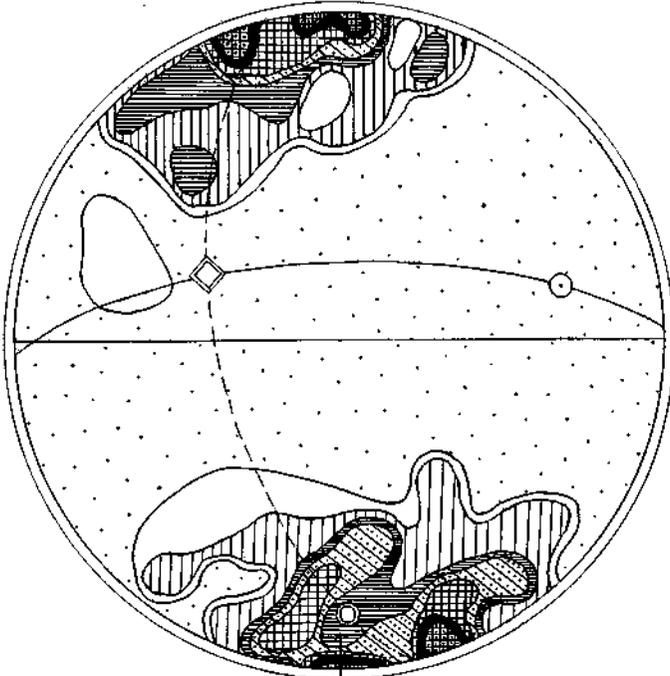


Fig. 7.

Beobachtung, daß man bei gewöhnlicher mikroskopischer Betrachtung die eingeregelter Lamellen von Nachbarkörnern häufig unter ähnlichem Winkel gegeneinander geneigt findet.

Der Mittelwert der Einstellungsgenauigkeit von ϵ ist für diese Kalzitregel charakteristisch und als Distanz der Schwerpunkte der Teilmaxima vom Pol von s mit 12° beiderseits ablesbar.

Gehen wir nun von der Verteilung der passiv eingeregelter ϵ -Flächen über zur Betrachtung der entsprechenden Achsenanordnung, Fig. 7 und 9, so fällt vor allem auf, daß von dem möglichen Bereich, in den die zugehörigen Achsen überhaupt fallen können (= dem um eine Randzone von 26° verbreiterten Lamellenbesetzungsfeld), nur ein kleiner Teil tatsächlich von Achsen eingenommen wird.

Durch die Verbindung der Schwerpunkte des Lamellen- und Achsenmaximums wird auf der Lagenkugel eine Ebene (XZ) ausgezeichnet. Analog der Bezeichnung der Ebene, die Lamellenpol und Achse enthält, als Ebene der Schiebung am Einkristallmodell, werden wir im Gefüge von der Ebene der Großschiebung sprechen und die Großgleitrichtung als Schnittgerade dieser Schiebungsebene mit der Großgleitfläche (repräsentiert durch den Schwerpunkt der ϵ -Flächen) bestimmen.

Daß die Konzentration der Achsenlagen zu erklären ist durch die Auszeichnung und Einregelung einer bestimmten Richtung innerhalb der Gleitfläche, ergibt sich unmittelbar aus der direkten Verzeichnung der Gleitrichtungen im Einzelkorn (siehe S. 12).

Die Korngleitrichtungen \circ müssen auf der Lagenkugel einen Gürtel beiderseits des Äquators besetzen, dessen Ränder um 90° äquatorwärts verschoben den Umgrenzungslinien der Lamellenkalotte parallel laufen; dieser Gürtel müßte gleichmäßig besetzt sein, wenn keine Einregelung einer bevorzugten Richtung vorhanden wäre, deutliche Häufungsstellen aufweisen im andern Falle.

Tatsächlich trifft nun der letztere Fall zu, wie die Diagramme Fig. 10 und 11 zeigen; setzen wir die aus dem Vergleich von Achsen- und Lamellendiagramm gewonnene Großgleitrichtung X ein, so zeigt sich in Fig. 10 eine ungefähr spiegelgleiche Anordnung der \circ -Häufungsstellen im Gürtelstreifen beiderseits X , die Symmetrale der Korngleitrichtungsmaxima liegt nahe der Großgleitrichtung.

Wir haben somit zweierlei Wege zur Bestimmung der Großgleitgeraden aus der Gefügeanalyse gefunden, ohne bisher auf den Richtungssinn einzugehen. Aus den Diagrammen Fig. 7 und 9 sehen wir, daß innerhalb der Ebene (XY) die Achsenanordnung nicht etwa symmetrisch ist in bezug auf (YZ), sondern daß wir in der Distanz von 26° nur in einer Richtung von z ausgehend ein Achsenmaximum treffen; wir stellen also eine Polarität in der Großgleitgeraden fest.

Nun ist in der Gleitrichtung des Kalzits schon nach der Flächensymmetrie der Gleitfläche von vornherein Polarität zu erwarten.

Bei der Zwillingsgleitung ist der Gleitrichtungssinn in der Polkante der R -Flächen achsenwärts gerichtet; ist dieselbe Annahme auch für die einregelnde Translation zutreffend, so wäre der Sinn der Verschiebung des Achsenmaximums aus Z in XZ derselbe, in welchem die Vorschiebung der höheren s -Lagen über die tieferen erfolgte.

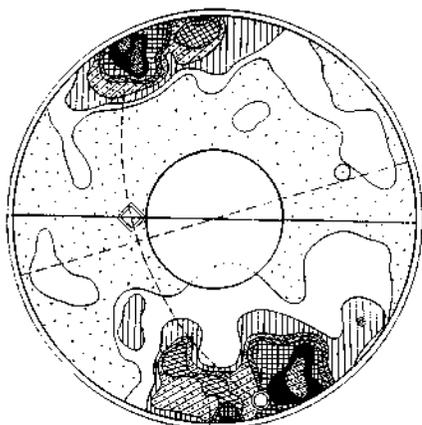


Fig. 8.

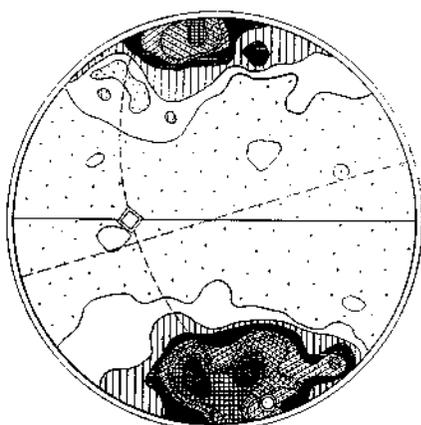


Fig. 9.

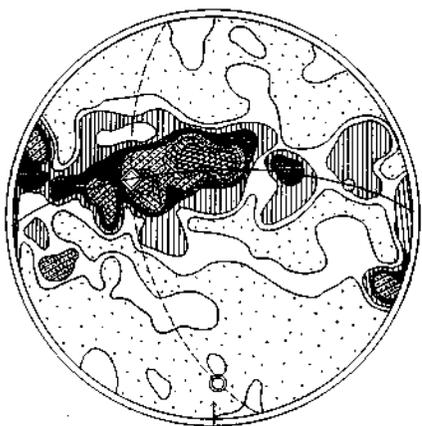


Fig. 10.

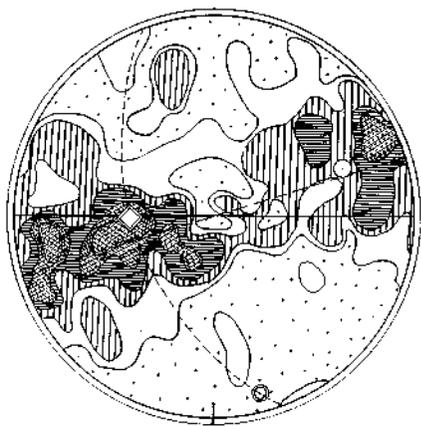


Fig. 11.

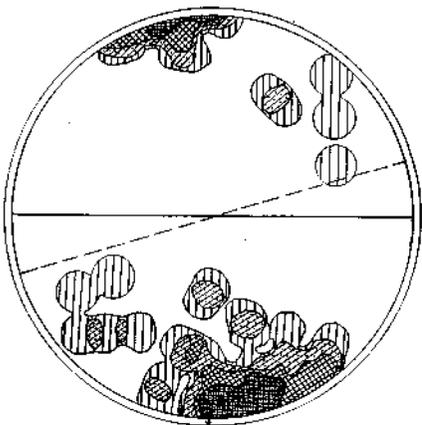


Fig. 12.

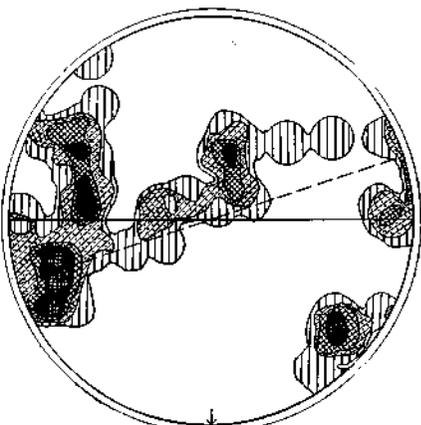


Fig. 13.

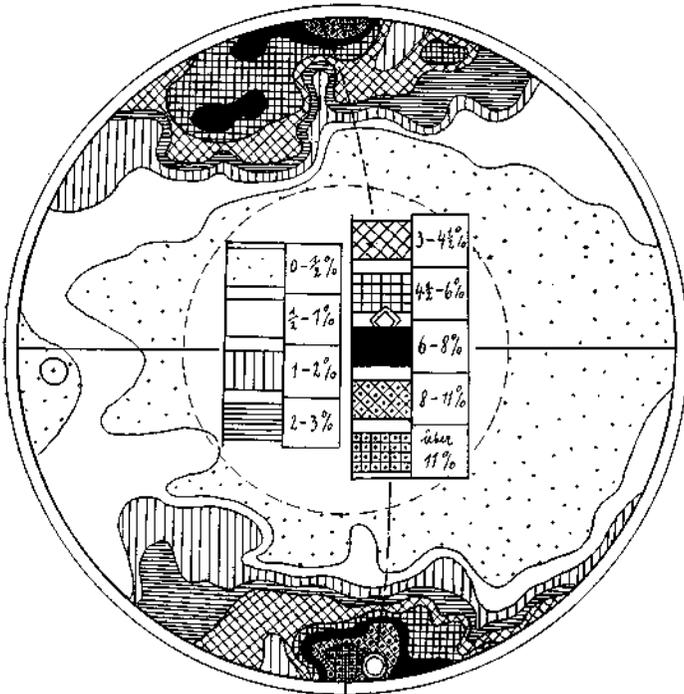


Fig. 15.

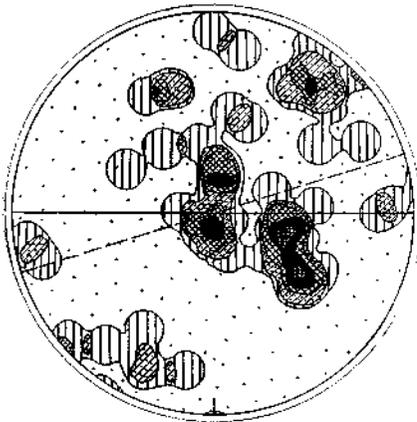


Fig. 14.

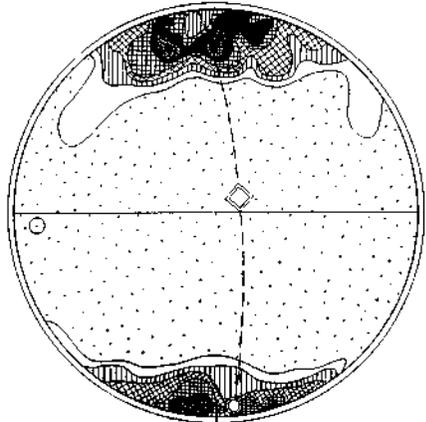


Fig. 16.

Eine anschließende Gruppe von Marmoren mit besonderen Intergranularverhältnissen ist jedenfalls aus dem eben besprochenen Typus hervorgegangen: die Diagramme Fig. 19 u. 20, Tuxermarmorbreccie, zeigen eine scharfe Regelung; Lamellen- und Achsendiagramme, in diesem Falle unabhängig voneinander aufgenommen, zeigen gute Übereinstimmung im Rahmen der Regel I. (Die Gefügeschnitte sind nicht nach einer Symmetrieebene getroffen, weil es nur Zufallsschnitte durch kleine Komponenten einer Breccie sind.)

Die Körner des Gefüges aber, von denen diese Diagramme gewonnen sind, schließen nicht wie im Gefügebild der bisher behandelten Fälle desselben Regelungstypus lückenlos aneinander, sondern es schwimmen die im Diagramm verzeichneten großen Körner mit den scharf eingeregelt, oft verbogenen Lamellen isoliert voneinander in einem Grus von winzigen Kornketzen; soweit sich dies in diesem übereinanderliegenden Haufwerk feststellen läßt, ist diese Intergranularmasse nur mechanisches Zerreibsel ohne Rekristallisationserscheinungen.

Die ganz ausgezeichnete nachkristalline Schieferung ist erfolgt, bevor der Marmor zerbrach und in die verschieden orientierten Stücke auseinanderschwamm, die in der jetzigen tektonischen Breccie vorliegen. Das Ursprungsmaterial dieser Stücke mit völlig nachkristallinen Deformationsbedingungen ist wahrscheinlich stratigraphisch dasselbe, das uns in einzelnen Partien des Vennatalmarmors im Zustande beginnender Rekristallisation (siehe diese unten) vorliegt.

Ein den Komponenten der Tuxer Marmorbreccie sehr ähnliches Gefügebild zeigt der Jaufenmarmor, der durch ein scharfes, ebenflächiges System von verheilten Querklüften in regelmäßigen Intervallen zerschnitten ist. Diese Risse laufen quer zu der im Gefüge durch die Gleitflächeneinstellung schärfst markierten Schieferung mitten durch die einzelnen großen Körner, ohne jemals die Gleitflächen dieser intergranular anscheinend stark gebundenen und unbeweglichen Körner zu benützen; es werden von diesen auch diejenigen, die nicht gerade von durchgreifenden Querklüften getroffen sind, in derselben Weise oft mehrmals quer zerrissen und auseinandergezerrt; feinste Zwischenmasse füllt alle Risse aus.

Typus II. Nachkristalline Deformation mit mehreren Scherflächenscharen und asymmetrischer Achsenanordnung.

Regel Ia. Beispiel Sunkmarmor.

Denken wir uns ein Diagramm nach Regel I (z. B. Fig. 9) rotiert um die Achse Y, die im Mittelpunkt des Grundkreises aussieht, so erhalten wir aus der Besetzung der Kalotten um den Pol von s einen Gürtel konzentrisch mit dem Grundkreis. Eine solche Rotation entspricht dem Auftreten eines Büschels von Scherflächen tautozonal zur Rotations- = Scherungsachse; Schmidt faßt als Erster schon 1915 Streckung, Riefung, Stengelungsrichtungen in diesem Sinn als Schnittgerade von mehrfach auftretenden Scherflächen auf. Mit den Vorstellungen Sanders (seit 1912 und eingangs zitierte Arbeiten) über eine singuläre Druckrichtung in der Falten- = Stengelachse und die reelle Rotation um diese Richtung bei Deformation zwischen bewegten Backen ist die Auffassung von B als Scherungsachse durchaus vereinbar (siehe auch L. 14).

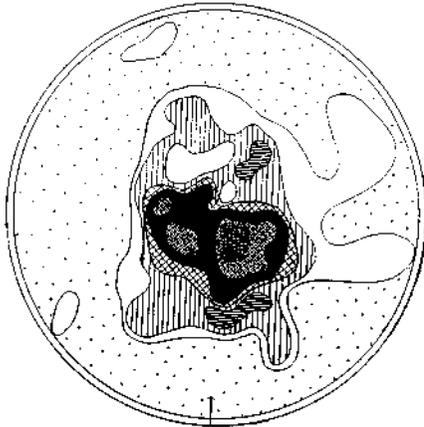


Fig. 17.

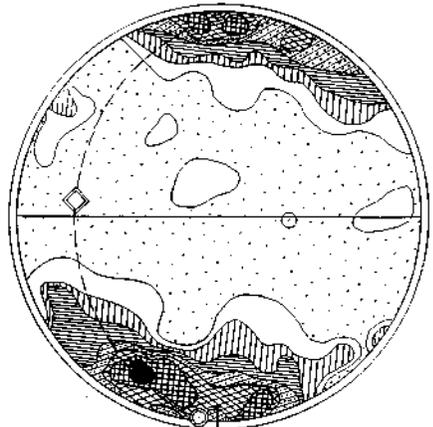


Fig. 18.

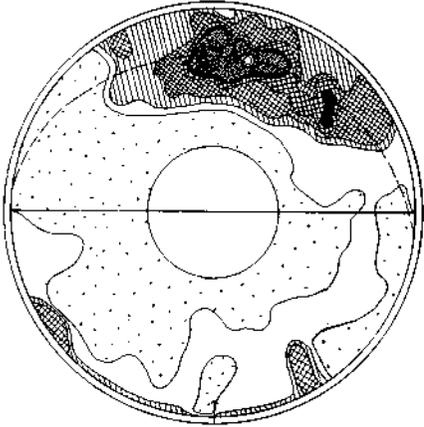


Fig. 19.

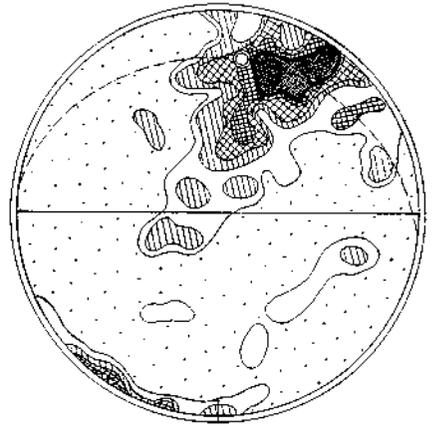


Fig. 20.

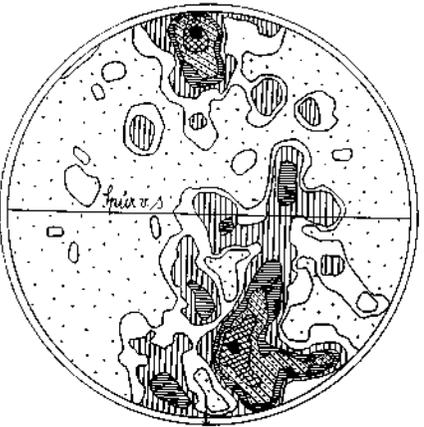


Fig. 21.

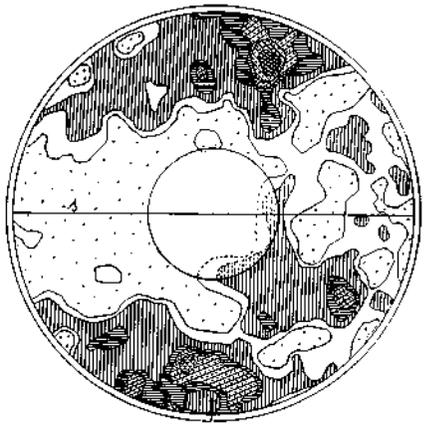


Fig. 22.



Fig. 23.

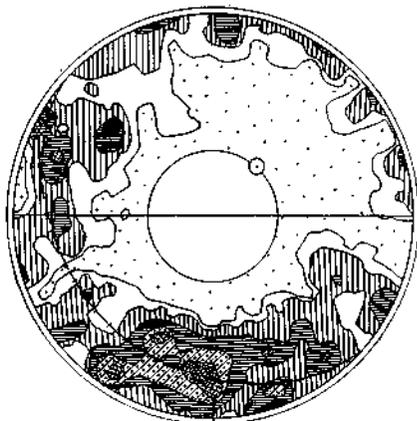


Fig. 24.

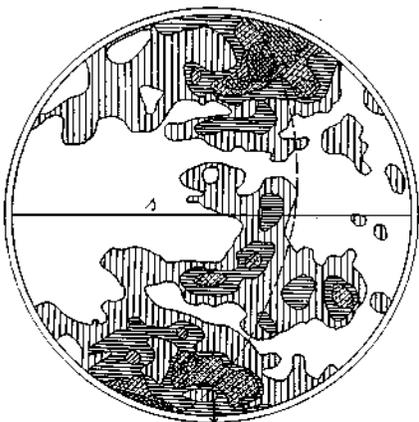


Fig. 25.



Fig. 26.

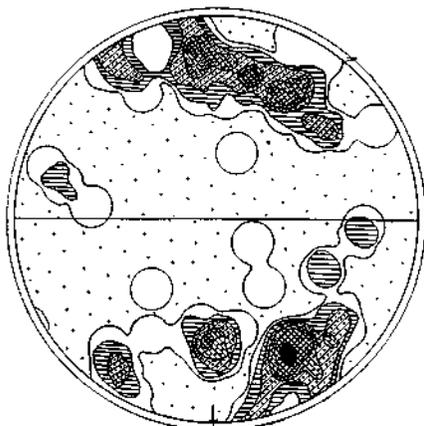


Fig. 27.

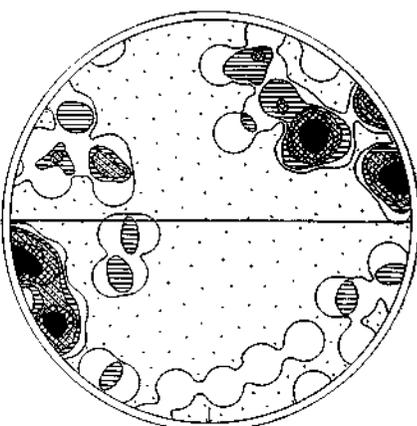


Fig. 28.

Mit diesem Prinzip wollen wir in die Betrachtung der Diagramme Fig. 21—29 eingehen. Das untersuchte Gestein Sunk, Steiermark, ist makroskopisch ein hell sandgrauer, mittelkörniger Marmor mit enggeschichteten, nicht immer streng parallelläufigen dunkleren Lagen, bis auf vereinzelte Quarze monomikt.

U-Tischanalyse. Die Lamellenverteilung des Schnittes $\perp B$, Fig. 24, läßt sich als Gürtel mit insularen Maximis deuten; die Rotationsachse fällt mit der linearen Richtung des Gefüges nahezu zusammen, die *B*-Achse ist hier also = *Y*, in der Ebene (*XZ*), $\perp Y$ liegen Hauptdruck- und Durchbewegungsrichtungen.

Im Schnitt (*YZ*) läuft ganz folgerichtig der Rotationsgürtel durch die Mitte des Diagramms, wie aus dem Achsendiagramm Fig. 21 hervorgeht (während im zugehörigen Lamellendiagramm Fig. 22 die in das Zentrum treffenden Lamellenpole nicht zur Einmessung kommen können).

Die Besetzungsintensität innerhalb des Gürtels ist nicht gleichmäßig, es sind vielmehr 2—3 Lamellenlagen besonders bevorzugt, vor allem die sub $\parallel s$; gleichwohl ist es beim Anblick eines Schliffes $\parallel XZ$ dem unbefangenen Auge schon nicht mehr möglich, überhaupt eine Vorzugsrichtung sicher zu erkennen, geschweige denn das *s* richtig zu bestimmen; was dagegen im Schnitt (*YZ*) leicht gelingt, weil ja die Spuren der zur Äquatorial-(= *Y*)-Achse des Diagramms tautozonalen Lamellen im Schliff parallel sind.

Mitbedingt ist die Undeutlichkeit des *s* im Schnitt (*XZ*) vor allem durch die

Intergranulare: Die Kornschnitte im Schliff (*XZ*) weisen keine eindeutige Vorzugsdimension auf; es herrschen rundlich-isometrische Umrisse weit vor gegenüber den elliptisch verlängerten, deren Längsachsen außerdem keiner einheitlichen Richtung folgen.

Wohl aber treffen wir gleichgerichtet gestreckte, linsige Schnitte in (*YZ*).

Der Symmetrietypus der Intergranulare nähert sich also in diesem Regelungstyp Ia der wirteligen Symmetrie mit der längeren Achse $\parallel B$, also in *Y*.

Vorspringende Leisten und Ecken deutlicher Intergranularenstufung sind besonders in Schliffen $\perp XY$ häufig.

Das Gleitrichtungsdiagramm Fig 26 bildet die Verbreiterung des Lamellendiagramms ab, ohne daß die Anlage seines Baues analog dem entsprechenden der Regel I (Fig. 10, 11) ganz verwischt wird; die starke Einschnürung in der Mitte und die Anordnung der hier allerdings schwachen Maxima nahe der Spur von *s* sind wiederzuerkennen.

Typus III. Nachkristalline Deformation mit zwei Scherflächenscharen und symmetrischer Achsenanordnung.

Regel IIa. Beispiel: Grubalm, Gschöß.

Ein grauer, unschiefriger Marmor mit grobkörnigen hellen Fossilresten (Schalen und Kerne von Zweischalern), an dem sich ein *s* am Handstück nur bezeichnen läßt durch die Flachlagerung der Fossilreste und den allmählichen Übergang von dunkleren, fossilärmeren in weißdurchsetzte, fossilreiche Lagen; die Spur dieses *s* (= *s*₁) ist im Schliff nur annäherungsweise bestimmbar.

Unter dem Mikroskop fällt die starke Verschiedenheit in der Größe der Kornschnitte auf; abgesehen von den gleichmäßig großen Körnern in den Fossilresten, die auch durch andere Merkmale (meist unlamelliert, einfache Konturen, undulöse Auslöschung) herausfallen, wechselt die Größe von Korn zu Korn sehr stark; kleine Körner liegen zerstreut in Taschen, um Ausbuchtungen oder innerhalb viel größerer Nachbarn; auch die größeren Körner zeigen bei ihren lebhaften fransigen Konturen vielfach verzahntes und verschlungenes Ineinandergreifen, wodurch eine gewisse Größenverschiedenheit der Schnitte erklärlich ist, ohne daß dieser eine beträchtliche Volumensverschiedenheit zu entsprechen braucht.

Eine einheitliche Gefügetracht bzw. Vorzugsrichtungen der Intergranulare ließen sich nicht feststellen. Das Gefüge ist bis auf vereinzelte, idiomorph-isometrische Fremdlinge von Quarz monomikt.

U-Tischanalyse. Wenn wir von der Betrachtung der Fig. 30 ausgehen, die ohne Auslese die Achsenpole von 362 Körnern des Zwischengefüges (außerhalb der Fossilreste) enthält, so gewinnen wir zunächst kaum den Eindruck einer deutbaren Regelung.

Betrachten wir nun das Lamellendiagramm Fig. 31 und das zugehörige Achsendiagramm Fig. 32 (das also eine Auslese aus den in Fig. 30 verzeichneten Körnern, eben der mit Lamellen versehenen, darstellt), so fällt uns zunächst auf, daß das Lot auf s_1 von Lamellen nur schwach besetzt ist, die größte Zahl der Lamellen vielmehr senkrecht steht auf s_2 , während die Pole der übrigen sichtbaren e -Flächen sich größtenteils nahe um dieses Hauptmaximum in s_1 herumgruppieren, u. zw. so, daß s_1 oder eine nahe gelegene Fläche Symmetrieebene des Gefüges ist.

s_1 ist zugleich Symmetrieebene des Achsendiagramms.

Vergleichen wir nun Achsen- und Lamellenverteilung: Die Achsen fassen als konzentrischer Gürtelstreifen mit einer mittleren Breite von 20 bis 30° die dazu zentrale Lamellenkalotte ein, deren Untermaxima selbst wieder längs eines Klein(halb)kreises ($r = 28^\circ$) angeordnet sind, der vom mittleren Kleinkreis des Achsengürtels 26° Abstand hat. Das Lamellenbesetzungsfeld selbst wird von den Achsen gemieden.

Es ist dies ein Befund, wie wir ihn theoretisch erwarten, wenn wir eine Einregelung nach den e - als Gleitflächen annehmen, ohne daß innerhalb dieser Gleitflächen eine Richtung ausgezeichnet ist, bzw. ohne daß eventuell ausgezeichnete Korngleitrichtungen in eine Großgleitrichtung eingeregelt sind.

Wir haben anderseits schon einen Fall eines geregelten Marmors (Griesscharte) kennengelernt — ein weiteres Beispiel siehe Fig. 15—17. —, bei dem dieser Befund und damit diese Voraussetzung keineswegs zutrifft, der uns vielmehr gerade den entgegengesetzten Fall der Gleitrichtungseinregelung illustriert (siehe Diagramm 6—9, 15, 16, 19, 20).

Gerade durch diese Gegenprobe kontrastiert, wollen wir uns das jetzt gegenständliche Beispiel vor Augen halten als einen Fall, bei dem eine Großgleitrichtung zum mindesten nicht eindeutig feststellbar ist. Die vier zu je zweit ungefähr diametralen Untermaxima in den Achsengürteln der Fig. 32 weisen zwar auf Vorzugsrichtungen hin; das wären aber vier, je zwei der Richtung, zwei dem Sinne nach verschieden.

Die Schnittgerade der dem Schwerpunkt des Lamellenmaximums zugeordneten Ebene (Durchschnittsgrößgleitenebene) mit der Projektionsebene bezeichnen wir mit s_2 .

Die Normalebene auf s_2 , die zugleich die Schlifffnormale enthält, fällt mit dem S. 52 unten definierten s_1 zusammen und ist Symmetrieebene des Gefüges.

In diese Symmetrie fügen sich auch die übrigen verzeichneten Korn-
daten: Fig. 31 gab die Übersicht über sämtliche beobachtbare Lamellen. Um nun herauszuheben, ob jedes Korn und mit welcher Genauigkeit jedes durch einen Lamellenpol vertreten ist im Maximum der Fig. 31 oder ob die Streuung des Maximums vielleicht dadurch zustandekommt, daß von einem Korn zwei Lamellen verzeichnet sind, wurden die Körner mit nur einer sichtbaren Lamelle, d. s. 73 %, von den andern getrennt; beim Vergleich der Lamellenlagen ergab sich, daß die Körner mit zwei Lamellen ziemlich unbeteiligt sind an den Hauptmaximis der rechten Diagrammhälfte, daß sie vielmehr die aus dem Maximum herausfallenden, quer zu s_2 verlaufenden, allerdings schwachen (entsprechend der viel geringeren Zahl von 27 % der überhaupt vermessenen Körner) Besetzungsflecke beliefern. Ihre Lage ist also eine vom Gros der andern verschiedene — sie stehen sehr steil gegenüber s_2 —, fügen sich jedoch der Gesamtsymmetrie ein, u. zw. so, daß von jedem Korn eine Gleitflächensymmetrale, meist (30 Pole von 40) Esyg, also die Symmetrale des größeren Winkels zwischen den zwei ausgebildeten Gleitflächen, nahe am Pol von s_2 liegt: Fig. 34 (und 35).

Unter den Körnern selbst wurde keine andere Auslese getroffen als eben die in bezug auf die Zahl der ausgebildeten Lamellen.

Daß es in diesem Falle vorwiegend die Esyg sind, die in das Maximum, bzw. den Schwerpunkt der Lamellenpole fallen, bringt dieses Gefüge in Gegensatz zu den früher behandelten; vgl. die Lage von Z gegenüber den Orten der Esyg und Esyk in Fig. 12 und 13. (Dagegen sei auf eine gewisse Analogie hingewiesen, die sich ergibt, wenn wir die in den Diagrammen 34 und 12, 13 verzeichneten Daten in ihrer Lage in bezug auf s_1 , bzw. s betrachten, das in beiden Gesteinen ähnliche grobmechanische Bedeutung hat.)

Jedenfalls liefert uns Fig. 34 einen Beitrag zur mehrfach bestätigten Erfahrung, daß im Falle der Ausbildung von zwei Korngleitflächen eine Symmetrale derselben die Stelle des Pols der singulären Gleitfläche (bzw. -richtung) der anderen Körner einnimmt; eine Beobachtung, die einer unten weitergeführten Überlegung zugrunde liegt, die dahinkommt nahezuzeigen, daß nur solche Lamellen ausgebildet sind, die sich an der Gesteintranslation beteiligt haben.

Bevor wir zu Betrachtungen über das Schicksal unseres Gesteins übergehen, müssen wir noch einen wesentlichen Bestandteil des Gesamtgefüges betrachten, die Fossilreste, die uns, wenn schon nicht paläontologische, so doch infolge ihrer Geforntheit mechanische Angaben über die Entstehungsgeschichte des Gefüges machen könnten.

Die Fossilreste sind im selben Schriff z. T. als Schalenreste erhalten in Form von flach gewölbten, schmalen Bogenzügen, deren Sehnen größtenteils sub $\parallel s_1$ liegen, ausgefüllt mit einreihig aneinanderschließen-

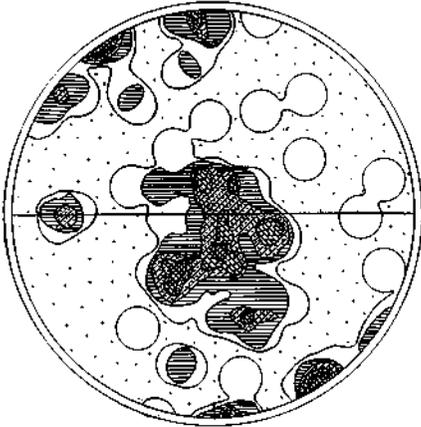


Fig. 29.

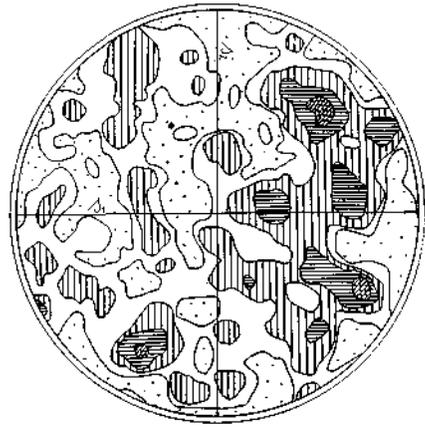


Fig. 30.

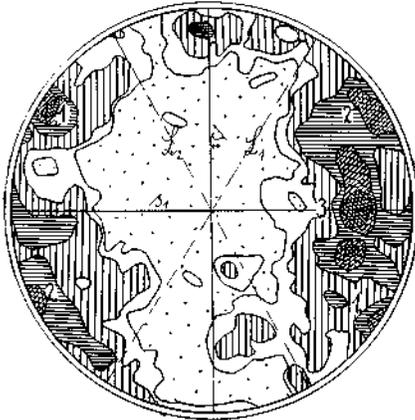


Fig. 31.



Fig. 32.

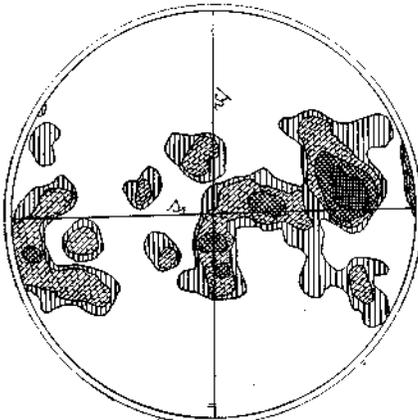


Fig. 33.

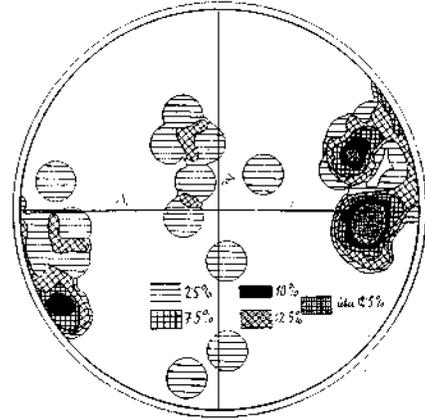


Fig. 34.

den großen Körnern; teils als bikonvexe Kerne, erfüllt von 1—4 übereinanderliegenden Körnerschichten. Auch der Erhaltungszustand sowohl der Form als ganzer wie der Ränder ist im selben Schlift verschieden; manche Bogen sind offenbar zerrissen und in ihren Flanken attackiert von eingerammten und manchmal durchsetzenden Körnern des Grundgefüges; es sind vereinzelt Stellen zu finden, an denen zwei vollkommen entsprechende Stücke eines Fossils quer zur Längserstreckung, also in Richtung s_2 , um eine halbe Kornbreite verschoben sind; ein großer Kern im Schlift dagegen hatte bis auf wenige Stellen ganz unversehrte, wie mit dem Zirkel gezogene glatte Ränder.

Feinere Struktur ist keine erhalten.

Die Fossilkörner sind ziemlich isometrisch, grenzen geradlinig, oft zackig verzahnt aneinander und zeigen durchwegs undulöse Auslösung.

Die Lagen der Achsen in den Fossilkörnern zeigen weder eine sinnfällige Beziehung zur Außenform des betreffenden Schalenrestes noch in ihrer Gesamtheit eine deutlich regelmäßige Anordnung (das Diagramm wurde aus diesem Grunde weggelassen); beim Vermessen fiel auf, daß als Richtungsverschiedenheit der Achsen benachbarter Körner häufig große Winkel auftraten: ein Häufigkeitsmaximum von 32% aller gemessenen Winkel zwischen 58 und 65° und ein zweites von 23% zwischen 75 und 90°. Schon daraus ergibt sich eine weite Streuung des Gesamtdiagramms.

Aus dem Erhaltungszustand der Fossilreste ist zu schließen: Es ist seit der Einbackung der Fossilien, bzw. deren Kristallisation keine stärkere Schubbeanspruchung eingetreten, als sie eben nötig ist, um (im Extremfall) den Zusammenhang der Körner in den Fossilien zu stören und an vereinzelt Stellen eine Verschiebung mit sehr geringen Beträgen herbeizuführen; auch für größere Bewegungen in s_1 liefern die erhaltenen Bogenformen nur negative Anhaltspunkte. Der verhältnismäßig gute Erhaltungszustand der Formen der Fossilkörner legt nahe, daß die beobachtbaren und in Diagramm 31 verzeichneten Deformationspuren das ganze nachkristalline Schicksal seit Einbettung der Fossilien abbilden.

Eine durchgreifende Keimregelung ist in diesem Falle sowohl angesichts des Diagramms 30, das 362 kaum geregelte Achsenpole von Körnern des Zwischengefüges ohne Auslese enthält, unwahrscheinlich als auch wegen der Führung wohlerhaltener Fossilreste.

Andrerseits zeigen die Spuren der nachkristallinen Deformation, die Korngleitflächen, eine deutliche Regelung mit drei Haupthäufungsstellen. Diese Einregelung der e -Flächen bildet sich im Diagramm der zugehörigen Achsen nur ganz vergrößert ab; gerade dadurch bietet dieser Fall eine Bestätigung für unsere Annahme, daß die Regelung von den Gleitflächen ausgeht. Aus den ursprünglich wahrscheinlich regellos gelegenen Körnern wurden die günstigst gelegenen e betätigt, bzw. einrotiert ohne größere Kornrotationen als die, die zur Konzentration der Achsen in den betreffenden Quadranten geführt haben.

Zur Frage nach der Art der Beanspruchung, die zur Ausbildung der drei Hauptscherflächensysteme geführt hat, können folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

1. Wir fassen alle Lamellen zusammen und legen durch die Untermaxima vom Ost-, bzw. Westpunkt der Projektion aus Kleinkreise (mit dem Radius von 25°). Dies würde einer Scherflächenanordnung auf einem Kegelmantel um das Lot auf s_2 als Druckrichtung entsprechen, was aus verschiedenen Gründen unwahrscheinlich ist.

2. Wir fassen die symmetrischen Untermaxima 1 und 2 zusammen und schreiben sie (ähnlich wie im folgenden Beispiel) einem rhombisch-symmetrischen Beanspruchungszustand zu mit Hauptebenen $\parallel s_1$ und s_2 und $\perp (s_1, s_2)$ und erklären 3 nur als sekundäres Maximum, entstanden durch Übereinandergreifen von 1 und 2 (was ziemlich gezwungen ist wegen der nichtperipheren Lage von 3); oder wir schreiben 3 einem andern, zumindest anders orientierten Beanspruchungsplan zu. Diese letztere Auffassung hat jedenfalls für sich, daß die Hauptdruckrichtung $\perp s_1$ angenommen werden kann und eine Rotation um die Ostwestachse im Diagramm, was mit der tektonischen Position des Gesteins in Einklang stünde.

Im Diagramm 32, dem Verzeichnis der zu den eingemessenen Lamellen gehörigen Achsen, fehlen gegenüber dem Diagramm des Zwischengefüges ohne Auslese die Körner, die ohne Lamellen angetroffen wurden; deren Achsen für sich dargestellt gibt Fig. 33. Die zugehörigen Kornschnitte heben sich im Schriff außerdem heraus durch ihre besondere Kleinheit. Gemeinsame Besonderheiten in Form oder Kontur zeigen sie im übrigen nicht; sie sind gleichmäßig zwischen die größeren Körner eingestreut.

Es wird in einem späteren Kapitel (S. 61 u. ff.) eine anscheinend ganz ähnliche Trennung von blanken, unlamellierten Körnern mit einem auffälligen Sprung in der Größe gegenüber dem Mittel der anderen durchgeführt; jene sind aber noch durch weitere unterscheidende Merkmale ausgezeichnet, z. B. durch ihren völlig glatten, oft kreisförmigen Umriß und vor allem durch ihre regelmäßige, zonare Anordnung im Gefüge; sind also nicht gleichzustellen mit der hier herausgehobenen Kornkategorie.

Immerhin sind die Umrisse dieser kleinen Körner einfach und geradlinig genug, daß man aus der geringen Größe der Schnitte auch auf ein geringeres Volumen dieser Körnerkategorie schließen kann, zumal da im Bereiche eines diametralen Achsengürtels (Fig. 33) alle Hauptdurchmesser einer eventuellen Gefügetracht zur Beobachtung kämen.

Das Diagramm dieser Körner Fig. 33 finden wir wieder nahezu symmetrisch zu s_1 ; auffallend ist, daß die Besetzung zum größten Teil Stellen einnimmt, denen im Achsendiagramm Fig. 32 ein Minimum entspricht und daß sich das Hauptmaximum in Fig. 33 fast deckt mit dem stärkst betonten Maximum der Lamellenpole; auch die Teilmaxima 1 und 2 glaubt man angedeutet zu finden.

(Welche Beziehung nun zu den Lamellen oder den die Lamellen hervorrufenden Kräften in dieser Regelung ihren Ausdruck findet, ist nicht ohne weiteres zu erkennen. Unmeßbarkeit der zugehörigen, ausgebildeten Lamellen könnte uns die zentraleren Besetzungsstellen des Diagramms als Ergänzung des Achsendiagramms Fig. 32 erscheinen lassen; diese Deutung fällt aber für die randlichen Partien, auch schon für das Hauptmaximum, weg. Da könnte man daran denken, daß die Körner in dieser Lage — die Achsen der betreffenden Körner fallen in die Symmetrale Esyk des kleineren Winkels zwischen den beiden Hauptscherflächenscharen — auf die

Beanspruchung anders, vielleicht durch Bruch, reagiert haben statt durch Gleitung in e ; man könnte an eine infolge geometrischer Auslese beim Wachstum zurückgebliebene Schar denken.

Die Orientierung dieser Körner als Abbildungskristallisation einer beginnenden Generation zu erklären, dazu fehlen uns in diesem Falle die Argumente, die diese Deutung in anderen Fällen (siehe S. 61 u. ff.) nahelegen.)

Trotzdem also das Diagramm dieser Kornkategorie bei der Auswertung nur unsichere Vermutungen zuläßt, durfte es doch, da es 28% der vermessenen Körner repräsentiert, in einer Analyse des Gesamtgefüges nicht fehlen.

Typus IV. Nachkristalline Deformation mit zwei zu s symmetrischen Hauptscherflächenscharen und asymmetrischer Achsenanordnung.

Regel IIb. Weißespitz, basale Bänder.

Makroskopisch: grau-weißer, mittelkörniger Marmor, der in $\frac{1}{2}$ bis 2 cm dünnen, parallellächigen Platten bricht. Die s -Flächen enthalten hellen Glimmer, der durch seine lineare Anordnung eine B -Richtung bezeichnet, welcher auch eine schwache Rillung der Kalzitplattenflächen folgt.

Unter dem Mikroskop fällt wieder die Verschiedenheit der Größe der Kornschnitte auf; es lassen sich aber die meisten einer von zwei Gruppen zuweisen, die als D -Körner (große deformierte Körner) und R -Körner (viel kleinere undeformierte, rekristallisierte Körner) bezeichnet sind. Für die Betrachtung der Mechanik des Korns und Gefüges einschlägiger, sind hier zunächst nur die D -Körner besprochen, die weniger der Zahl als dem Volum nach den Hauptbestand des Gefüges ausmachen. Die Analyse der R -Körner folgt in anderem Zusammenhang S. 63.

Eine Vorzugsrichtung in der Intergranulare fehlt; wenn man solche wahrzunehmen glaubt (der Nachweis durch Vergleich der Korn-dimensions-Mittelwerte in verschiedenen Richtungen wurde hier nicht geführt), so liegen sie keinesfalls in s , sondern etwa in den beiden 45° -Richtungen gegenüber s . Die Formen der Kornschnitte sind, abgesehen von den Einzelheiten der Konturen, sehr häufig fast rechtwinkelige Parallelogramme oder Rhomben, die mit einer Ecke in s aufstehen, also höchstens eine Diagonale, nicht Seite, sub $\parallel s$ haben. Die Konturen im einzelnen sind aber keineswegs gerade, sondern stufig und ineinandergreifend, die Formen einzelner D -Kornschnitte schon durch die den Rand umfassenden und oft hereingreifenden R -Körner gestört.

U-Tischanalyse. (Diagramm 36—39). In den Diagrammen 36 und 37 der D -Körner eines Schnittes $\perp s$, $\perp B$ finden wir einen Typus, der sich von den besprochenen wieder in mancher Beziehung abhebt.

Das Lamellendiagramm Fig. 36 weist zwei randliche Hauptmaxima auf als Repräsentanten zweier Gleitflächenscharen, die steil aufeinander unter einem Winkel von 40 bis 45° symmetrisch zu s stehen. Fig. 36 stellt die Pole sämtlicher sichtbaren Lamellen dar; die von gestrichelten Bogen eingefassten Untermaxima enthalten die zweite Lamelle des größten Teils der (26%) Körner, die zwei Lamellen ausgebildet haben; der übrige Teil des Diagramms ist also ein Verzeichnis von einem Lamellenpol pro Korn.

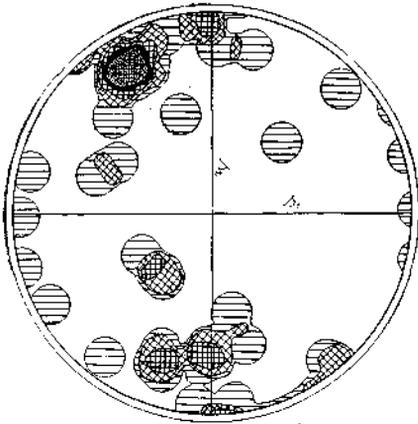


Fig. 35.

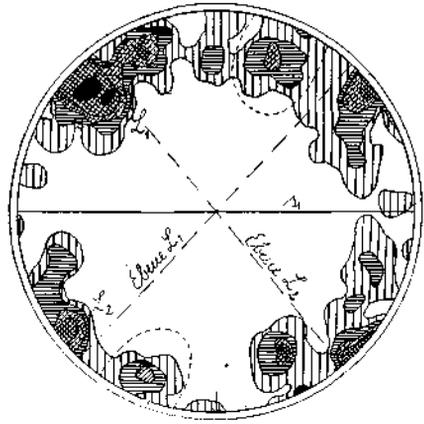


Fig. 36.

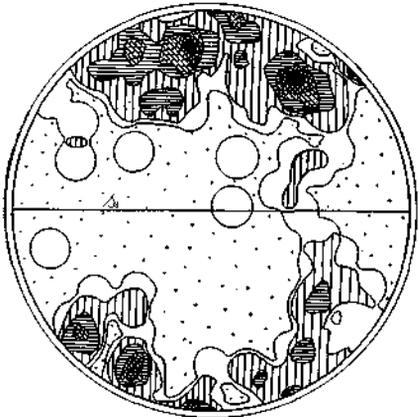


Fig. 37.

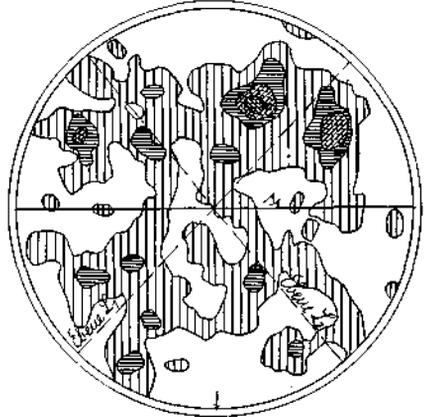


Fig. 38.

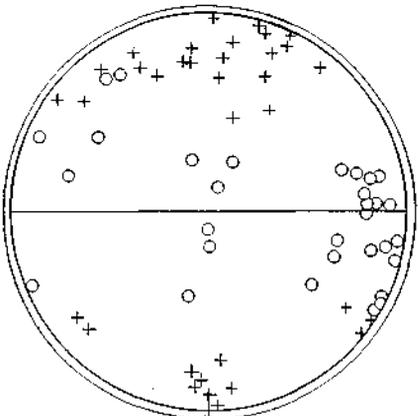


Fig. 39.



Fig. 40.

Die Lamellenmaxima sind gegenüber dem früher behandelten Typus Grubalm weiter auseinandergerückt, die Kommissur quer über s nahezu ganz aufgelöst.

Einen geringeren Unterschied gegenüber dem entsprechenden Diagramm 32 weist das Achsendiagramm 37 auf. Von einer Einfassung des Lamellenfeldes durch die Achsen kann aber hier nicht gesprochen werden, es zeigt sich eine deutliche Konzentration der Achsen gegen den Pol von s zu; die beiden Hauptmaxima liegen etwas asymmetrisch gegenüber s , ganz gut entsprechend der vorschrittmäßigen Distanz gegenüber L_1 und L_2 in Fig. 36.

Es liegen dementsprechend zwei Hauptgleitrichtungen 90° von L_1 , bzw. L_2 nahezu in der Ebene des Diagramms, d. i. $\text{sub } \perp B$.

Der Sinn der Verschiebung der beiden Achsenmaxima gegenüber den zugehörigen Lamellenmaximis ist für L_1 und L_2 gerade entgegengesetzt; schon dies spricht keineswegs für eine Auffassung der randlichen Maxima etwa als Teile eines unterbrochenen Gürtels $\perp B$, entsprechend einer gleichsinnigen Rotation des Gefüges mit zweimaliger Betonung je einer Einschar von Scherflächen.

Betrachten wir weiter die deutliche rhombische Symmetrie des Diagramms 36: Die stärksten Untermaxima L_1 und L_2 in $40-50^\circ$, zwei weitere Paare mit schwächerer Betonung in 25° Distanz vom Pol von s . Es scheint sehr wohl möglich, die aus der Analyse hervorgehenden drei Hauptebenen der Gefügesymmetrie auf die Hauptebenen eines Beanspruchungsplans mit rhombischer Symmetrie zu beziehen.

Sehr in dieser Richtung weist auch die Anordnung der Symmetralen Esyk (und Esyg) in Fig. 39, die direkt in die Hauptrichtungen eingestellt sind.

Wir könnten zunächst versucht sein, ein derartiges Bild einem statischen Beanspruchungszustand zuzuschreiben; wie dies Sander in L. 29 an einem Kalkphyllonit (Daxkar) mit B -Achse mit einem ähnlichen Befund in bezug auf die Symmetralen der Körner mit zwei Lamellen durchführt, allerdings auf Grund einer Auslese auch unter diesen Körnern (es sind nur solche aus dem B -Achsen Gürtel verwendet). In unserem Falle lassen sich aber im Gegensatz zum eben aus L. 29 zitierten die Deformationsspuren an sämtlichen (D -)Körnern demselben Beanspruchungsplan zuordnen; es kam also schon zu einem Fließen des Gesamtgefüges im Sinne von L. 11 und L. 29, S. 14, 15, womit die statische Beanspruchung nach der eben genannten Nomenklatur in eine (konforme) dynamische übergeht, in unserem Falle in eine solche ohne Änderung der Hauptachsen des Beanspruchungssymmetriekörpers (also z. B. ohne relative Verlagerung des Gefüges gegenüber den Hauptdruckkoordinaten.)

Diese letzte Phase der Deformation hat meines Erachtens im Diagramm schon ihren Ausdruck gefunden in der stärkeren Betonung des einen der beiden Maxima (L_1 in Fig. 36), was eben dem Beginn der Auszeichnung und Ausarbeitung einer der beiden dem Hauptdruck zugeordneten Hauptscherflächen gleichkommt, wie dies den bekannten Erfahrungen über die Gefügebrausgestaltung einer derartigen Beanspruchung entspricht.

Über das Diagramm der R -Körner, Fig. 38, siehe unten im entsprechenden Zusammenhang, S. 63.

Typus V. Rekristallisation.

Regel III. Marmor vom Vennatal.

In den folgenden Beispielen lassen sich in einem und demselben Schliff zwei ziemlich scharf voneinander abhebbare Kategorien von Kalzitkörnern unterscheiden:

1. Große gelängte, stark mechanisch beanspruchte Körner (*D*) mit zahlreichen, oft verbogenen Zwillings- und Gleitlamellen, undulöser Auslöschung und sonstigen optischen Störungen im Korn, mit sehr stark gestufter Intergranulare; mit U-Tisch scharfe typische Regel I, Fig. 15 bis 18.

2. Zwischen und in diesen *D*-Körnern stecken sehr viel kleinere Körner (*R*) (die Volumina verhalten sich in extremen Fällen wie 100 bis 200:1), isometrisch mit glatten Konturen wie „Quarz in Kalzit“, mechanisch unversehrt und spiegelglatt auslöschend, optisch intakt.

Die Anordnung dieser *R*-Körner gegenüber der *D*-Kategorie ist (in den nachfolgend beschriebenen und den übrigen, nicht näher behandelten einschlägigen Präparaten des mir zur Verfügung stehenden Materials) eine der folgenden:

I. Die *R*-Körner treten als Höfe um die *D*-Körner auf,

a) wenn das Größenverhältnis nicht so bedeutend ist wie im oben angeführten Falle, sondern im Durchschnitt etwa 20:1, so umrahmen sie die *D*-Körner einreihig, perlchnurartig; Beispiel Weißespitz bei Gossensaß;

b) in Extremfällen des Größenunterschiedes fassen sie in dichtgedrängten Reihen kranzartig die großen *D*-Körner ein (Beispiel Horberger Jöchl), dringen manchmal längs Zwillingslamellen ins Korninnere ein, unterscheidbar von abgetrennten, desorientierten Kornanteilen des Wirts, weil ihre glatten, rundlichen Konturen sich keineswegs den fransigen, angrenzenden Rändern des *D*-Korns einpassen lassen und in den meisten Fällen weder eine mechanische noch optische Störung, entsprechend dem Zustande der *D*-Nachbartheile, wahrnehmbar ist.

II. In anderen Fällen, z. B. dem im folgenden gefügeanalytisch untersuchten, sind die *R*-Körner überwiegend an bestimmte Zonen gebunden, die entweder a) in Parallelscharen oder b) als tautozonale Flächenscharen eines Büschels das ganze Gefüge durchsetzen, wie dies am Beispiel der Marmorstengel vom Poverer Jöchl besonders durch die künstliche Färbung deutlich illustriert wird.

Dieses verschiedenartige Auftreten der *R*-Körner schließt es aus, die Korngrößenunterschiede zu erklären als Unterschiede, bloß bedingt durch die Lage des Schnittes etwa in verschiedenen Höhen quer durch spindelige Formen oder sie auf primär-sedimentäre Verschiedenheiten zurückzuführen.

Wir werden vielmehr in dieser *R*-Körnerart das Ergebnis einer letzten Rekristallisationsphase des Gefüges sehen, eine Generation mit Neuordnung des von der Deformation betroffenen Feinbaus, analog den Erscheinungen, wie wir sie in der Metallographie finden. Das Auftreten verschiedenartiger Kornkategorien und ihr Verhältnis zueinander

ist bekanntlich für die Metalle vielfach experimentell untersucht und die maßgebenden Beziehungen zwischen dem Grad der Verlagerung, Temperatur und Größe des rekristallisierten Korns in Diagrammen räumlich dargestellt. Uns fehlt zur Auswertung des durch die Analyse erhobenen Befundes, der die Auswirkung der Deformation feststellt, und der unmittelbar meßbaren Korngröße für die dritte Variable, die Temperatur, das experimentelle Rekristallisationsdiagramm des Kalzits, das auch wegen der sonstigen (besonders strukturellen) nahen Beziehungen dieses Minerals zu den Metallen (Korndeformationsmechanismus!) und wegen seiner Bedeutung als monomiktter Gesteinsbildner wünschenswert wäre.

Betreffs der Orientierung der rekristallisierten Körner nimmt Czochralski, l. c., S. 150, 151, an, daß sie unabhängig seien von der Orientierung der Ursprungskörner; maßgebend für ihre Anlage sei nur das Gefälle der inneren Spannung, entstanden durch die „Verlagerung“ (= Gitterdeformation); „die neuentstandenen winzigen Kristalle erfüllen ohne Rücksicht auf die Lage der Korngrenzen jedes ursprüngliche Korn in ungesetzmäßiger Orientierung“.

Sehen wir uns daraufhin die U-Tischaufnahme der rekristallisierten Körner an.

Marmor vom Vennatal, untere Schieferhülle. Die Anordnung (nicht Regelung!) der rekristallisierten Körner in diesem Gefüge ist folgende:

Die *R*-Körner treten vorzugsweise (nicht ausschließlich) in bestimmten Zonen auf, an den Flächen einer Parallelschar $\parallel s$ (vgl. S. 61, IIa), zwischen denen Lagen der *D*-Körner eingeschaltet sind mit den Merkmalen der Regel I, wie aus den Diagrammen 15—18 hervorgeht. *X Y* des *D*-Korngefüges = *s* = Ebene der *R*-Anordnung.

Z. T. abweichend von dieser Hauptebene ist dagegen die Lage der *c*-Achsen, die kristallographische Orientierung der *R*-Körner; Fig. 41 gibt die *R*-Körner desselben Schliffes, von dem Fig. 18 stammt.

Wir finden die Hauptmaxima in beiden Diagrammen (40 und 41) 20—30° von *s* entfernt; schwächere Besetzungen liegen näher oder ganz in *s*. Also eine von der Regel I der *D*-Körner sehr deutlich abhebbare Regel III der *R*-Körner, deren Grundzüge wir in weiteren Diagrammen anderer Gefüge mit Rekristallisation wiederfinden werden.

Ein in Fig. 40 in die Nähe von *Z* fallendes Teilmaximum geht vielleicht weniger auf tatsächliche Gleichorientierung von *R*- mit *D*-Körnern zurück als vielmehr auf unvermeidliche Mitvermessung kleiner, an einem Vorsprung angeschnittener *D*-Körner im Diagramm der *R*-Generation; die Unterscheidung der beiden Kategorien war in diesem (ungefähren Quer-)Schliff nicht so klar möglich wie in Diagramm 41, wo dieses Teilmaximum fehlt; dieses ist jedenfalls für die *R*-Körner untypisch.

Die genetische Deutung von Regel III als passive Regelung wie die bisherigen durch Korntranslation ist schon durch das Fehlen sichtbarer Translationslamellen unwahrscheinlich.

Dagegen liegt der Gedanke nahe, die Einstellung der *R*-Körner in Zusammenhang zu bringen mit der von Schmidegg an Wachstums-

gefügen des Kalzits (Gangfüllungen) nachgewiesenen Einregelung der c -Achsenrichtung \parallel der Gangwand, bzw. das Groß-Möllersche Gesetz für Kristallwachstum in Kapillaren heranzuziehen, das besagt, daß sich die Richtung der größten Wachstumsgeschwindigkeit (in unserem Falle die c -Achsenrichtung) in die Richtung der Längsachse des Hohlraums einstellt (vgl. hiezu auch L. 11, S. 228—230).

Wir werden das s nur annähernd als System von parallelen Gangwänden auffassen können; denn wir müssen auch den Richtungssinn in dieser „Flächenschar bester Wegsamkeit“ berücksichtigen, der vor allem durch die Vorzugsrichtung der Intergranulare gegeben ist; die Einstellung der c -Achsenrichtung als Richtung der größten Wachstumsgeschwindigkeit in ein Kapillarlumen kann nach unserer Betrachtung durch die Anisotropie des Intergranularnetzes vorgezeichnet sein.

Wir haben nun in diesem Falle als Kornform in s ganz flachgedrückte, gelängte Polyeder gefunden; damit steht in guter Übereinstimmung die oben beschriebene Anordnung des Achsendiagramms der R -Körner mit den Maxima beiderseits s , deren Distanz (45°) die Abbildung des spitzen Winkels der so häufig beobachteten Kornschnittfigur wäre (S. 43); so daß wir also die Annahme einer Beziehung der Orientierung der R -Körner zum Intergranularsystem der D -Körner einigermaßen gestützt sehen.

Die Zonen, in denen die R -Körner besonders gedrängt auftreten — so daß oft von den ursprünglich vorhandenen D -Körnern nur mehr kleine, aber durch ihre Undulation noch gut abhebbare oder gar keine Reste zu erkennen sind —, kann man weiter deuten als besonders ausgearbeitete Gefügeebenen, Durchgänge von Großscherflächen. Dem stärkeren Deformationsgrad entspricht nach metallographischen Erfahrungen eine Steigerung der Rekrystallisation. Wenn sie an den Stellen gleicher stärkster Beanspruchung bis zum völligen Ersatz der D -Körner führt, so entsteht aus dem S. 61 unter I beschriebenen Bild hofartiger R -Körner bei gleichmäßiger Deformation das uns eben beschäftigende; die zonare Verteilung der R -Körner wäre also ein Abbild der Unstetigkeiten in der Durchbewegung.

Die Analyse eines Gesteins mit gleichmäßiger hofartiger R -Kornanordnung ohne Scharung an ausgezeichneten Flächen ist am

Marmor, Weißspitz bei Gossensaß, durchgeführt. Beschreibung und Analyse des D -Kornbestandes S. 58/60, Fig. 36, 37, 39; Achsen der R -Körner Fig. 38.

Wie in den meisten Diagrammen von rekrystallisierten Körnern finden wir die Maxima in der Mitte der Quadranten, die Hauptebenen der Projektion, Pole, Ost- und Westpunkt unbesetzt.

Im Lamellendiagramm Fig. 36 ergaben sich als die zu den Schwerpunkten der beiden Maxima L_1 und L_2 gehörigen Hauptscherflächen die dort gezeichneten Durchmesser; dieselben sind auch in Fig. 38 eingetragen.

Wir bemerken in Übereinstimmung mit unseren bisherigen Erfahrungen, daß die Maxima der R -Körner wieder mit kleinen Distanzen beiderseits L_1 und L_2 auftreten.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Anordnung der *R*-Körner, die keine besonders ausgearbeiteten Bewegungsbahnen erkennen läßt, mit unserer genetischen Deutung des Befundes an Diagramm 36, 37, 39 symmetriemäßig gut übereinstimmt.

„Alabastermarmore“: Tribulaunkalk (westlich Brenner, Tirol); Schöckelkalk, Steiermark; Marmor aus dem Werchzirmgaben bei Turrach.

Die Neuordnung des Gefüges kann so weit gehen, daß im ganzen Gefüge nur mehr einzelne Relikte der Deformationsphase in einem kompakten Mosaikpflaster erhalten sind wie in der im folgenden besprochenen Gruppe von Marmoren.

Von diesem Grad an bedingt die Rekristallisation ein charakteristisches äußeres Gepräge; eine gut abhebbare Gruppe von alabasterartig durchscheinenden, harten, gebänderten Marmoren mit hornsteinartigem Bruch und Neigung zur Diagonalklüftung erweist sich nach den Gefügen als aus solchen stark rekristallisierten Tektoniten zusammengesetzt, von denen ein

Bänderkalk des Tribulaunrhät, Portjöchel bei Brenner („Pyritschiefer“) als Repräsentant etwas näher besprochen sein soll. Der Bänderung entspricht anscheinend im Gefüge keine sichere Sedimentärstruktur mit rhythmischem Wechsel; papierblattdünne Glimmer liegen wohl parallel, aber nicht lagenweise angeordnet. Wohl aber ist ein *s* gegeben durch deutliche Längung der sehr kleinen, aber wohlumgrenzten, klaren Körner der Grundmasse, in welche vereinzelt viel größere Körner eingelassen sind, die durchwegs fast gleichzeitig auslöschen und ein Lamellensystem sub $\parallel s$ oder zwei Lamellensysteme nahe *s* so eingestellt haben, daß die Halbierende des Neigungswinkels der Lamellenspurten sub $\parallel s$ liegt.

Außerdem sind Anzeichen vorhanden, daß noch nach der Entstehung dieser rekristallisierten Korngeneration Deformationsbedingungen wirksam waren:

Die Individuen des feinkörnigen Pflasters weisen häufig, aber keineswegs ausnahmslos, Lamellen auf, u. zw. hauptsächlich Zwillingisleisten; selten in einem Korn mehr als ein System. Die Orientierung der Lamellenspurten ist vorwiegend $\parallel s$. (*U*-Tischaufnahme nicht durchgeführt).

Das Auftreten der Zwillinglamellen erweist für sich allein noch nicht eine letzte nachkristalline Deformation; wir kennen Beispiele (Kupfer und seine Legierungen (!)), in denen die Zahl der Zwillingisleisten mit der Rekristallisation sogar erheblich zunimmt. Allerdings stehen diesem Falle schon unter den Metallen weit mehr Beispiele entgegen, in denen die Deformationsstrukturen durch die Rekristallisation ausgelöscht werden und verschwinden bis auf die in jenen Kristallpartien, in denen eine Rekristallisation nicht erfolgte (Czocharski, S. 149). Dadurch bleibt aber die Berechtigung unberührt, vom Fehlen der Lamellen in sicheren Tektoniten auf Rekristallisation zu schließen.

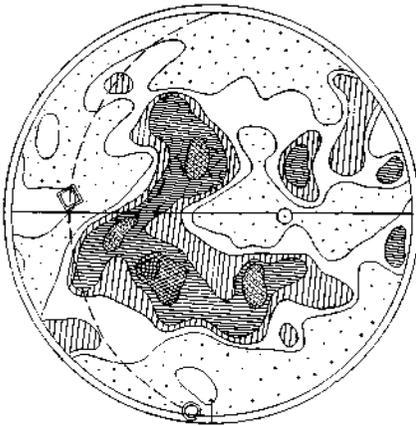


Fig. 41.



Fig. 45.

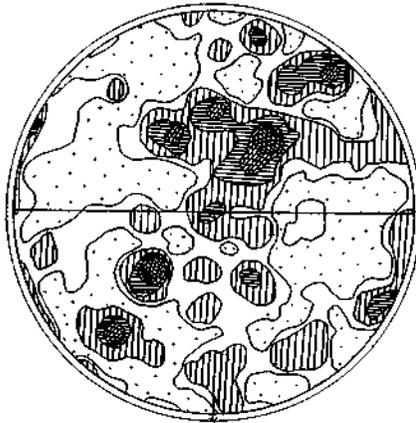


Fig. 47.



Fig. 49.

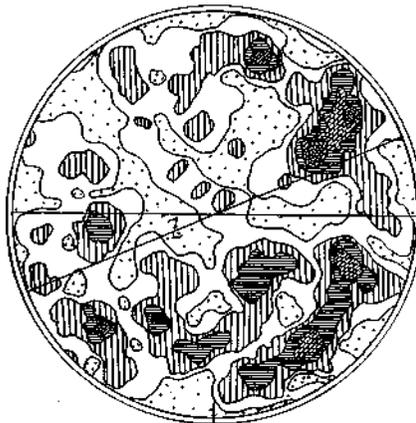


Fig. 50.

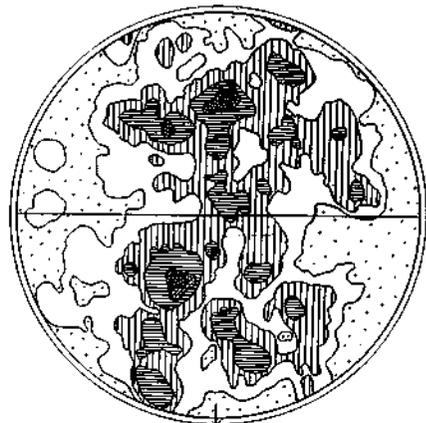


Fig. 51.

Die sicher (wie man schon ohne *U*-Tisch sieht) gut geregelte Schar der sporadisch auftretenden großen Körner deuten wir wieder als Rest einer früher allgemeinen Regel I, deren Gefüge fast gänzlich rekristallisiert ist bis auf diese letzten Zeugen der vorkristallinen Deformation.

Es wäre zwar wohl denkbar, daß in einem primär ungleichkörnigen Gefüge (Fossilreste!) unter gleichbleibenden Deformationsbedingungen die größeren Körner besser eingeregelt sind als die kleinen; andererseits aber kennen wir alle Übergänge vom ersten Rekristallisationsbeginn mit vereinzelt auftretenden neuen Körnern bis zum vollständig rekristallisierten homogenen feinkörnigen Gefüge, z. B. des Felderbacher Marmors, der nach dem feldgeologischen Befund unbedingt stärkste tektonische Deformation erfahren hat, von der aber keine nachkristallinen Korndeformationen im Gefüge mehr erhalten sind; wir werden auch den mit Phyllit verfalteten Tribulaunkalk als ein dem Extrem Felderbach nahestehendes Glied in der Reihe zunehmender Rekristallisation einfügen.

Typus VI. Marmorstengel vom Poverer Jöchl, Wattental.

Im Quarzphyllit südlich des Inntals findet man Kalkmarmoreinschaltungen in typischen Stengelformen (während sonst reiner Marmor makroskopisch Vorzugsrichtungen meist nur undeutlich erkennen läßt). Bei wechselnden Querschnitten, die sich aber aufeinander beziehen lassen, bleibt die Stengel=*B*-Achse, der auch die sehr deutliche, oft grobrippige Riefung folgt, auf lange Strecken unverkrümmt konstant.

Der Außenform entsprechen Sprünge im Innern, die mit derselben Orientierung das ganze Gefüge durchgreifen.

Diesen Unstetigkeiten folgen, wie die Schlußuntersuchung zeigt, Lagen von feinkörnigem Gefüge (*R*-Körner) zwischen unter sich wieder einheitlichen Gefügekörnern (*D*-Körner) von etwa zehnmal größerem Querschnitt.

Seltener sieht man Sprünge, denen nur teilweise Lagen der *R*-Körner folgen, diese dann verlassen und quer durch die *D*-Körner greifen; dabei konnten nebeneinander folgende Fälle beobachtet werden:

1. Intergranularer Verlauf des Risses im Gefüge der *D*-Körner;
2. der Riß folgt einer Lamelle des Kornes, welche auch schief zum generellen Verlauf des Risses liegen kann;
3. der Riß geht durch das Korn ohne ersichtliche Benützung von Lamellen, obwohl solche im Korn ausgebildet sind (es wurde allerdings nicht untersucht, ob der Verlauf des Risses vielleicht der möglichen Lage einer Kornscherfläche entspricht).

Die Verteilung der Sprünge und der zweierlei Körnerarten tritt sehr übersichtlich hervor bei der Behandlung der angeschliffenen Stengelstücke nach dem Hirschwaldschen Färbeverfahren. Die Lösung schwärzt die feinkörnigen Lagen wegen des größeren Intergranularraumes viel stärker und hebt so die helleren großmaschigen Zwischenlagen heraus.

In den Querschliffen ist der Verlauf der *R*-Züge, wie schon angedeutet, ein radialer; in den Anschliffflächen der *B*-Achsenzone streichen die verschiedenen Körnerlagen und die Sprünge, auch manchmal Quarzzüge, parallel aus, selten unkontinuierlich auskeilend und neu ansetzend.

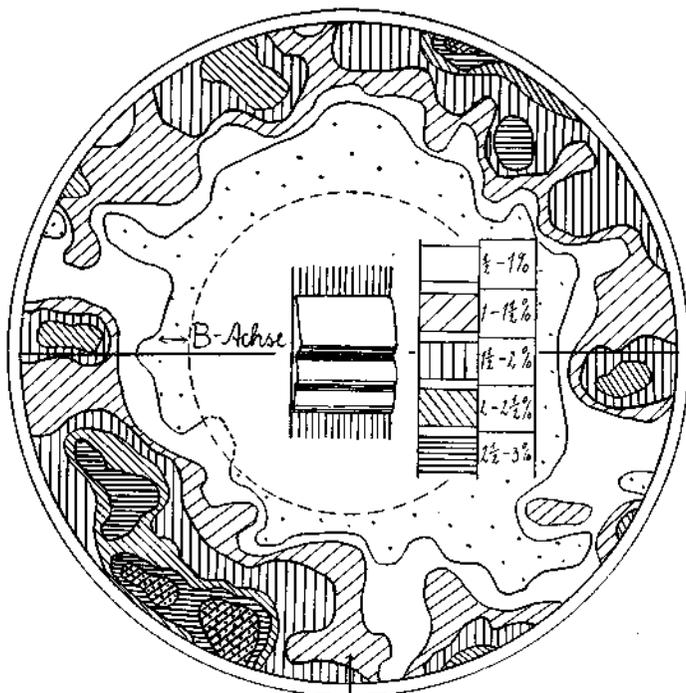


Fig. 42.

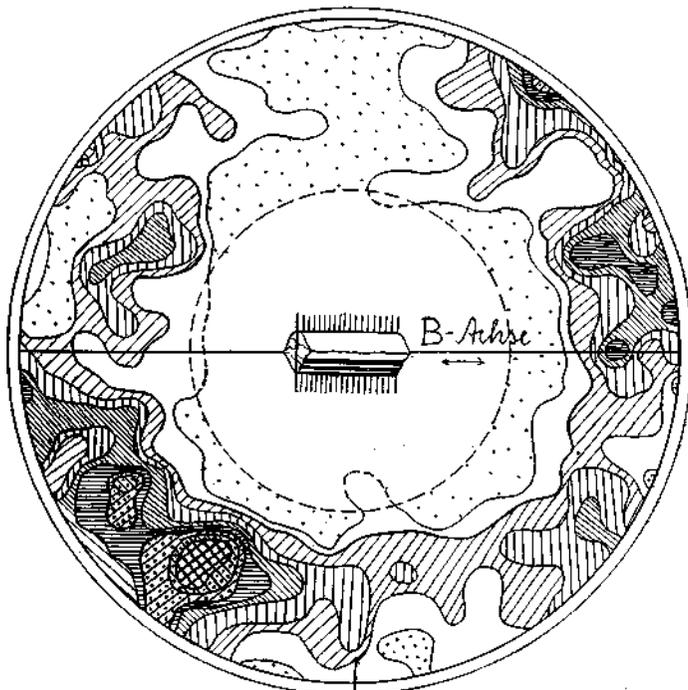


Fig. 43.

In einzelnen Stücken treten sub \perp zur B -Achse etwa 1 mm voneinander entfernt, feinste, unregelmäßig-stufig umspringende Haarrisse (also Quer-
risse) auf.

Das Gefüge besteht zum weitaus größten Teil aus Kalzit, dazwischen treten Quarzkörner und Schüppchen hellen Glimmers auf, manchmal in unterbrochenen Lagen oder linear angeordnet.

Ein Unterschied im Chemismus der verschiedenen körnigen Lagen besteht, wenigstens am untersuchten Schriffmaterial, nicht.

Die U -Tischanalyse wurde zunächst an einem Stengel mit der im Diagramm Fig. 44 eingezeichneten Querschnittsform durchgeführt, und zwar an drei Schliffen; am Querschliff (Fig. 44), an je einem Schliff nach der längeren (Fig. 42) und kürzeren (Fig. 43 und 46) Diagonale der Querschnittsfigur (an diesen Schliffen habe ich nämlich bei anfänglich noch geringer Übung nur Lamellen bis ungefähr 40° Neigung eingemessen, so daß in diesem Falle drei Schliffe nötig waren zur vollständigen Beherrschung der Lagenkugel).

Die D -Körner weisen dieselben Intergranularverhältnisse (und dieselbe Regelung) auf wie die anderen, am Beispiele Patsch S. 73 ff. näher beschriebenen Marmore aus dem Quarzphyllit.

Das aus den drei Lamellendiagrammen Fig. 42—44 zusammengezogene Sammeldiagramm Fig. 47, bezogen auf die Querschnittsebene des Stengels, läßt sich wieder auffassen als Stück eines Großkreisgürtels im Sinne von Regel II, der aber deutlich exzentrisch ist gegenüber der (kontrollierbar genau) in der Mitte der Projektion ausstechenden B -Achse; die Rotationsachse Y der Scherflächen des Kleingefüges fällt also nicht zusammen mit der B =Streckungsrichtung der äußeren Form, der Achse der tautozonalen Flächen mit den R -Körnern; diesfalls müßte ja das Gürtelmaximum an der Peripherie des Grundkreises liegen, da das Sammeldiagramm in der Querschnittsebene liegt.

Der Stengel ist also eine heteroachs geregelte Form im Sinne von L. 14.

Die Stengelformen selbst fassen wir auf als Präparate selektiver Erosion nach den tautozonalen Scherflächen, an die das Auftreten der rekristallisierten Körner gebunden ist.

Die verschiedenartige Auswirkung der beiden heteroachsen Scherflächenscharen im Gefüge (Schar mit Korngleitflächeneinstellung im Gegensatz zu den Flächen, auf welche die Rekristallisation lokalisiert ist) läßt nicht nur auf eine Änderung der Einspannung, sondern auch auf eine Änderung in den Deformationsbedingungen schließen.

Ein Kriterium dafür, daß die homoachse unstetige Zerschierung mit Rekristallisationsbedingungen jünger ist als die Durchregelung des Gefüges, liegt darin, daß wir in der Natur nur unverbogene Stengel beobachten; dies würde im Falle: Regelung jünger als Stengelung ganz bestimmte Bedingungen (siehe Schmideggs Beitrag in L. 14) erfordern, welche nicht wahrscheinlich sind: nämlich entweder 1. ganz bestimmte Orientierung der schon angelegten Stengelachsen zur nachherigen homogenen Zerschierung des Gefüges, nämlich a) B -Achse \parallel Gleitrichtung und b) $B \perp$ Gleitrichtung, \perp -Ebene der Schiebung oder 2. gleiche Zunahme der Verschiebungsbeträge; mit anderen Worten: die Stengel würden mit ebensoviel Chancen wie jede andere Vorzeichnung zu krummen Stäben zerschert.

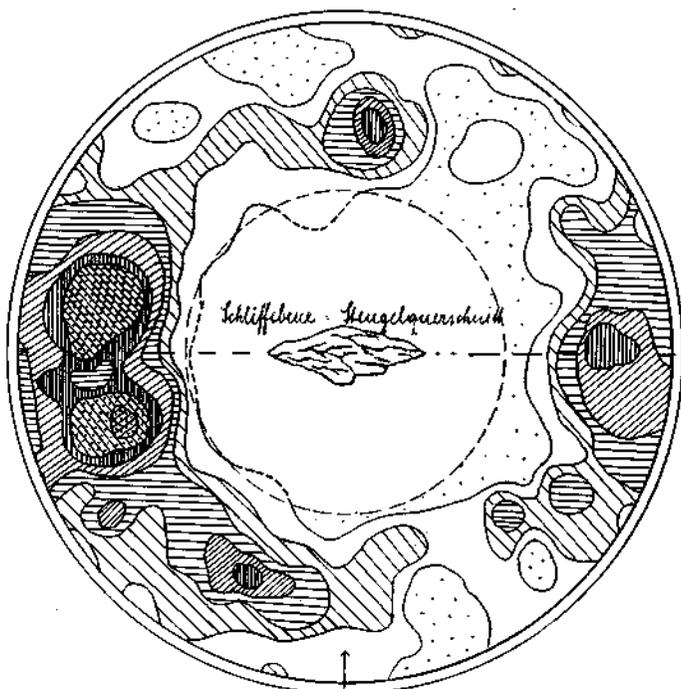


Fig. 44.

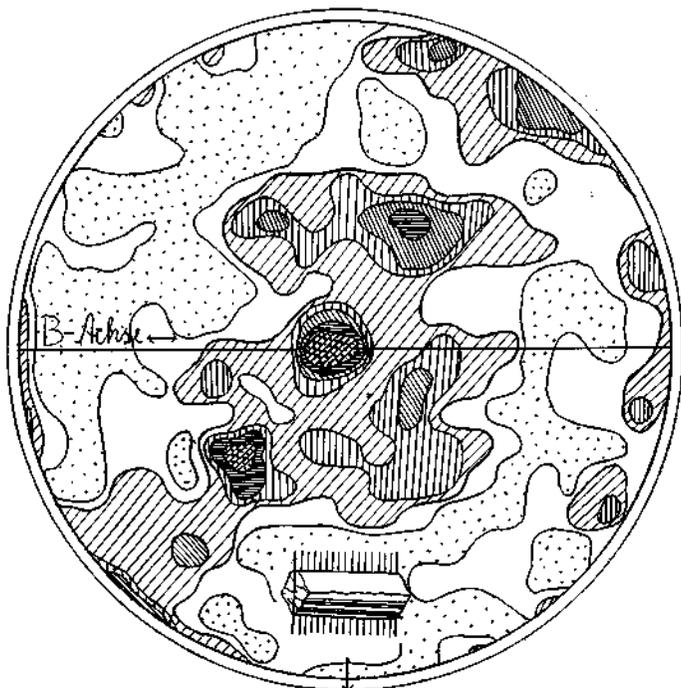


Fig. 46.

Ferner liegt es näher, anzunehmen, daß ein fertiges homogenes Gefüge un stetig zerschert wird als daß über un stetige Zerschörungen eine Umprägung des Gesamtgefüges spurlos hinweggeht.

Der vorliegende Fall von Stengelbildung ist aufzufassen als ein Endglied einer Reihe, welche man hinsichtlich der Beziehung des Gefüges zu äußeren Strukturmerkmalen aufstellen kann: von der feinsten Riefung homogener Faserstruktur (*B*-Achse im homogenen Gefüge) zu deutlich un stetig herausgescherten Stengeln und Platten, eine Reihe, die der jeweils zugeordneten Korngefügeanordnung nach divergieren kann nach Seite der Homo- bzw. Heteroachse.

Die folgenden Figuren 48—51 geben die Diagramme eines Stengels derselben Herkunft (Poverer Jöchl, Wattental), aber etwas anderer Querschnittsform; sie ist in Fig. 58 eingezeichnet. Fig. 48 und 49, Lamellen und Achsen des Querschliffes, lassen sich mit den Bildern des oben besprochenen Stengels ganz gut in Einklang bringen (durch geeignete, nicht eindeutig festgelegte Rotationen; nur Fig. 44 und 43 entsprechen der Schlifflage nach einander direkt).

Von diesem Stengel wurden zwei Diagramme der *R*-Körner auf den (S. 66) erwähnten Flächenscharen aufgenommen, die in Fig. 50 (Querschliff) und 51 ($\parallel B$) wiedergegeben sind.

In Fig. 50 ließen sich eventuell die durchwegs etwa 25° von der Peripherie abstehenden langgestreckten Hauptmaxima zunächst zusammenfassen zu einem Gürtel, der sich aber nicht deckt mit dem der *D*-Körner, sondern diesem gegenüber ungefähr spiegelbildlich liegt in bezug auf die diametrale Ebene $\perp Z$ (= Züge der rekristallisierten Körner); die Distanz beider Gürtel beträgt 40 — 50° . Beide Diagramme decken sich gut, wenn man sie um die *B*-Achse der äußeren Form, also um die Schliffnormale einander gegenüber um 180° verdreht. Diese Deckungsmöglichkeit bei der relativen Drehung ließe sich auffassen als ein Hinweis auf das Zustandekommen des heutigen Befundes dadurch, daß eine Verstellung des Gefüges quer zur *B*-Achse um denselben Rotationsbetrag von 180° tatsächlich stattgefunden hätte im Intervall zwischen der Entstehung der *D*- und *R*-Körner; wenn man berechtigt wäre, eine ähnliche Genese der Regelung beider Kornarten anzunehmen. Diese Berechtigung besteht aber in diesem Fall angesichts des verschiedenen Zustandes der beiden Kornarten nicht; eine Erklärung der Gürtelregelung nach dem Prinzip einer passiven mechanischen Einregelung von Gleitflächen kommt für die undeformierten *R*-Körner meines Erachtens nicht in Betracht.

Weiter könnte man annehmen, daß die *R*-Körner die Orientierung einer nach dem genannten Prinzip eingeregelten Kornauslese abbilden.

Diese Annahme wird aber widerlegt durch die Feststellung während der Aufnahme, daß der Winkel von Nachbarkörnern, d. h. der Achse bzw. Lamelle eines *D*-Kornes gegenüber der Achse eines an oder in diesem *D*-Korn liegenden *R*-Kornes, weitaus am häufigsten 65 — 90° beträgt.

Es ergibt sich aber eine andere Erklärung: wenn man gerade auf dieses Datum der Einzelkornbeobachtung hin auch die Teilmaxima der *D*- und *R*-Korndiagramme betrachtet; die obengenannte Distanz der Nachbarkörner legt nahe, auch die einzelnen Untermaxima in Fig. 50 auf 65 — 90° entfernte Lamellenmaxima der *D*-Körner zu beziehen, die im

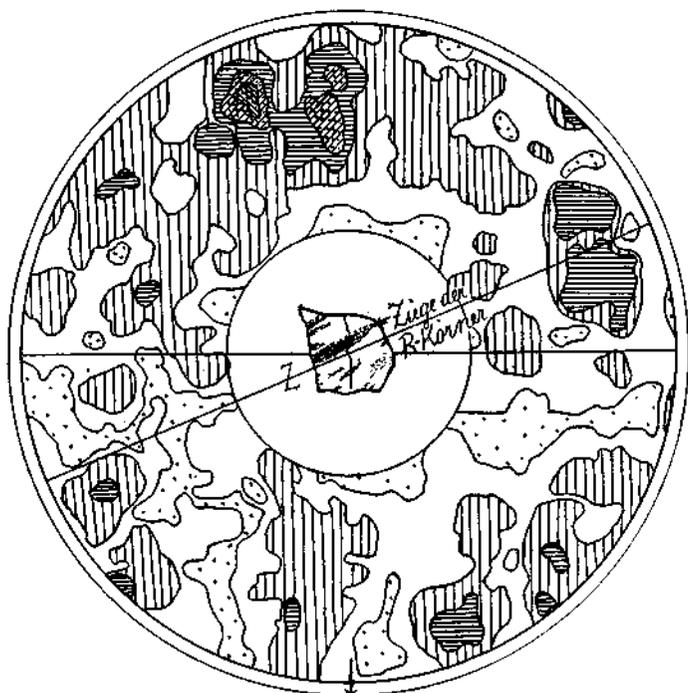


Fig. 48.

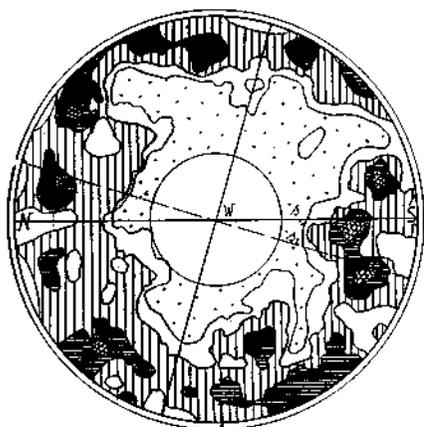


Fig. 52.

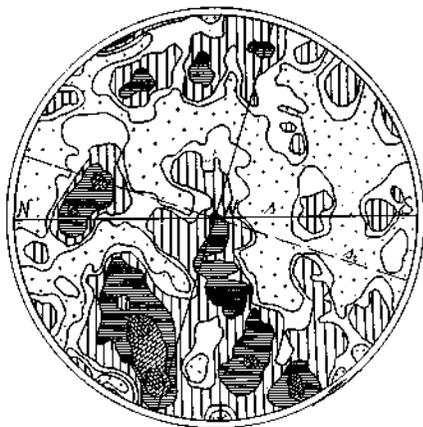


Fig. 53.

Diagramm 48 tatsächlich in der gewünschten Entfernung vorhanden sind; es sind dies die zwei Häufungsstellen in und $\perp Z$, d. i. den Zügen rekristallisierter Körner.

Wir nehmen also Großscherflächen im Gefüge an in derselben Anzahl, als diskrete Lamellenmaxima Lr festgestellt sind und suchen deren Lage auf als die Ebenen, die den Schwerpunkten der Lr als Polen zugeordnet sind. Die rekristallisierten Körner stellen nun ihre Achsen nahezu parallel diesen Flächen, genauer gesagt in Lagen mit einem Neigungswinkel von 20 bis 30° gegenüber diesen Ebenen ein.

Diese Anordnung der R -Achsen sub \parallel zu diesen Scherflächen wäre wieder zu erklären als gesetzmäßige Orientierung der neuwachsenden Kristallite gegenüber den Wänden des tektonischen Intergranularlumens.

In Fig. 47, Diagramm der R -Körner des erstbesprochenen Stengels von der in Diagramm 44 gezeichneten Querschnittsform, sehen wir dementsprechend in den zwei sich kreuzenden Besetzungstreifen fast alle Richtungen in den entsprechenden Flächen von c -Achsen benützt.

Aber auch hier sind bestimmte Richtungen bevorzugt, wie die stärker betonten Maxima erkennen lassen. In anderen Fällen tritt die Auszeichnung bestimmter Richtungen noch besser hervor, vgl. Fig. 50.

Eine genauere gemeinsame Beziehung zu den Gefügekoordinanten Y oder B ließ sich nicht feststellen; es stimmen aber alle Diagramme der R -Körner darin überein, daß ihre Hauptmaxima nicht in Hauptrichtungen des Gefüges fallen, vgl. auch Marmor von der Weißspitze; Diagramm der R -Körner, Fig. 38.

Daß hier (wie auch in anderen Fällen, vgl. Diagramm 38 und 36, 47 und 43 die Maxima der rekristallisierten Körner in so auffallende Nähe von Lamellen- bzw. Achsenmaxima der D -Körner fallen, ist also nach den Einzelbeobachtungen des großen Winkels von Nachbarkörnern nicht der Ausdruck dafür, daß die rekristallisierten Körner die kristallographische Orientierung der vorgängigen deformierten Körner fast getreu abbilden, sondern läßt sich erklären aus der Feststellung, daß der Winkel der anscheinend häufig vorkommenden (symmetrischen) zwei Hauptscherflächen in diesen Fällen um 90° beträgt; wenn nun die R -Körner den Scherflächenpolen gegenüber wieder unter einem Winkel von 65—90° orientiert sind, so muß wenigstens ein Teil der Lamellenpole der D -Körner und c -Achsenrichtungen der R -Körner zusammenfallen.

Hochkristalliner Marmor mit s und makroskopisch angedeuteter B -Richtung aus dem Quarzphyllit von Patsch, südlich von Innsbruck.

Ein weißer, mittelkörniger Marmor, der z. T. auch in Quadern von steinindustriell brauchbaren Dimensionen bricht.

Das dabei als Hauptfläche einigermaßen ausgezeichnete s wird im Schliff durch Lagen folgenden Baues bezeichnet:

1. reines grobkörniges Kalzitgefüge mit der unten näher beschriebenen Polygonalplasterstruktur;
2. kleinerkörniger Kalzit + viel Tropfenquarz;

3. Kalzit + Quarz wie in 2 + hellem Glimmer in kleinen Schüppchen, die, wie sich auch im (hier nicht wiedergegebenen) Diagramm zeigt, der Mehrzahl nach nicht genau in s eingestellt sind, sondern zwei Vorzugs-lagen 20° jederseits vom Pol von s aufweisen. Außer dem Unterschied in der Größe der Kalzitkörner in den verschiedenen Lagen ist auch einer in der Kornform bemerkenswert: die Körner sind schlanker, also verhältnismäßig länger in 2 und 3 gegenüber 1.

Innerhalb der Ebene von s ist sowohl in der äußeren Symmetrie des Handstücks (kurz absetzende Riefen und Rillen) als auch im Feingefüge (auch am polierten Anschlag zu sehen) eine allerdings wenig hervortretende Vorzugsrichtung angedeutet. Im Gefüge entspricht dieser B -Richtung eine Hauptrichtung der Intergranularsymmetrie; die Körner sind in s abgeflacht und in B verlängert. In den Fig. 59 und 60 ist das Gefügebild für zwei \perp aufeinander stehende Schnitte $\perp s$ wiedergegeben:

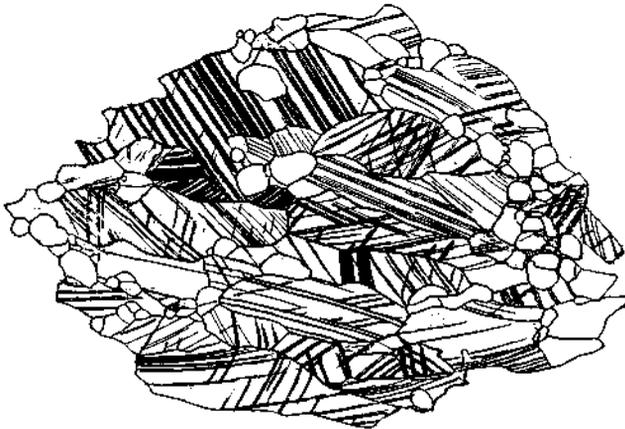


Fig. 60.

Wir sehen wabenartig aneinanderschließende, einfach und geradlinig konturierte Polyeder; in Ebene subnormal B annähernd regelmäßige, vier- bis achteckige, im Schnitt sub $\parallel B$ gelängte Polygone, deren längste Diagonalen subparallel in s liegen und zwei- bis sechsmal so lang sein können als die kürzesten. Die Schnitte $\parallel s$ sind breiter, tonnenförmig.

Die Symmetrie der Intergranulare ist also die eines dreiaxigen Ellipsoids [mit $a:b:c$ etwa wie $(3-6):(1-2):1$], das sich also einem Rotationsellipsoid nähert, dessen singuläre Achse die längste ist und $\parallel B$ liegt (Fig. 61).

Auch bei genauerer Betrachtung erweisen sich die Kornkonturen trotz starker Lamellierung des Innern vielfach als uniritiert geradlinig; in andern, selteneren Fällen lösen sie sich in feinste, sägezahnartige Stufungen auf; im großen und ganzen aber macht die Intergranulare den Eindruck der Unversehrtheit. Den wollen wir uns auch bei der Betrachtung und Deutung der Spuren nachkristalliner Deformation gegenwärtig halten.

U-Tischanalyse. Fig. 52 gibt das Diagramm aller sichtbaren Lamellen (78% der Körner haben zwei Systeme entwickelt) eines Schliffes \perp zur makroskopisch schwach angedeuteten *B*-Achse; Fig. 55 die zugehörigen Achsen.

Wir finden einen oder, wenn man will, zwei periphere Gürtel, die zunächst den Eindruck einer Einstellung der *e*-Flächen in um *B* rotierte Scherflächen machen. Ergänzt man aber, um ein vollständiges Bild der entwickelten *e*-Flächen zu erhalten, den Beobachtungsausfall durch die an einem Schriff $\parallel B$ aufgenommenen und um 90° in die Ebene von Diagramm 52 rotierten Lamellenpole, so kompliziert sich das Bild der Lamellenverteilung: Fig. 54; der angehende *B*-Gürtel wird verwuschener und verwickelter, die Teilmaxima in der Mitte des Diagramms sind in einem Gürtel der *B*-Achse überhaupt keinesfalls unterzubringen.

Man könnte einwenden: Im Sammeldiagramm sind alle sichtbaren Lamellen verzeichnet, also nicht nur diejenige in jedem Korn, die etwa korrelat zur Beanspruchung hervorgerufen und eingestellt ist, sondern auch eine oder die zwei andern, vielleicht nur sekundär ausgelösten *e*-Flächen desselben Kornes; und dadurch würde das Gesamtbild undeutbar.

Dazu ist zu überlegen: Wenn wir die Annahme machen, daß in jedem Korn nur die je einer Scherfläche einer tautozonalen Schar zunächstliegende Korngleitfläche ausgearbeitet, bzw. bis zu einem gewissen Grenzwinkel einrotiert wird, wie wir eine solche Einregelung in einscharige Scherflächen kennen lernten, so besteht für die Lage der andern Gleitflächen des Kornes eines nicht anderweitig vorgeregelten Gefüges Rotationsfreiheit; wir hätten weder für diese noch für die Symmetrale des Winkels zwischen der eingestellten Gleitfläche und einer zweiten desselben Kornes eine Häufung der Pole innerhalb des möglichen Besetzungsfeldes zu erwarten.

In Fig. 56 sind nun die Symmetralen des kleineren Winkels der beiden gemessenen *e*-Flächen eines Kornes (*Esyk*) verzeichnet und weisen deutliche Maxima auf (auf die gegen *s* etwas verdrehte Symmetrie werden wir noch zurückkommen).

Die schärfste Regelung zeigt ein aus Lamelle und Achse gewonnenes Datum, die Symmetrale zwischen zwei Gleitrichtungen eines Kornes, Fig. 57 die des kleineren Winkels *Rsyk*, Fig. 58 *Rsyg*.

In diesen Diagrammen 56—58 ist die Spur einer Ebene s_2 bzw. deren Lot ausgezeichnet, die zwar keine große, aber doch eine bemerkenswerte Abweichung gegenüber dem *s* des Grobgefüges aufweist: es ist dies der Durchmesser, der in den Diagrammen 20° NO—SW streicht. In Diagramm 57 sind z. B. die *Rsyk*-Maxima s_2 gegenüber symmetrisch; das Lot auf s_2 ist gleichfalls eingezeichnet und stellt den Schnitt der zweiten Symmetrieebene des Diagramms mit der Schlißfläche dar.

Auch in den Diagrammen 56 und 58 spielen diese Richtungen eine ähnliche Rolle als Symmetrieelemente.

Wenn wir nun diese Richtung s_2 in das Lamellensammeldiagramm eintragen, so finden wir sie fast auf der ganzen Linie besetzt von Häufungsstellen des Lamellenfeldes; zugleich sind darin gerade die Teilmaxima zusammengefaßt, die sich nicht oder weniger gut dem

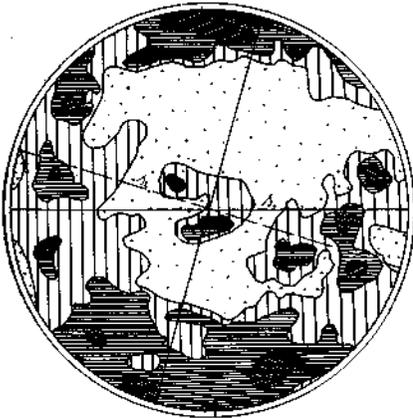


Fig. 54.

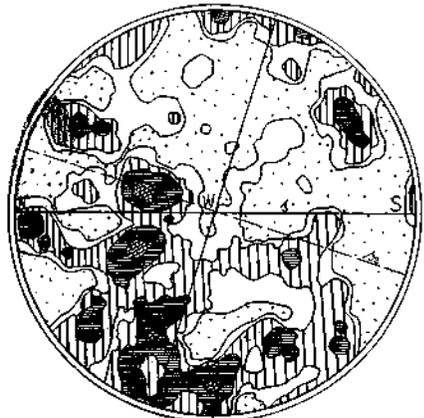


Fig. 55.

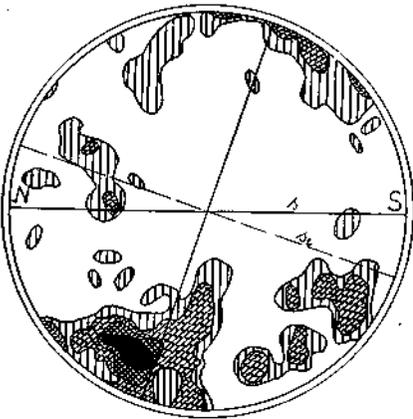


Fig. 56.

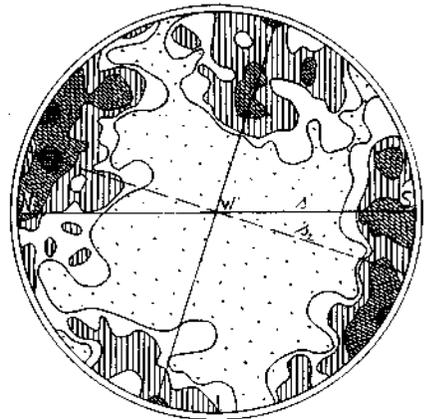


Fig. 57.

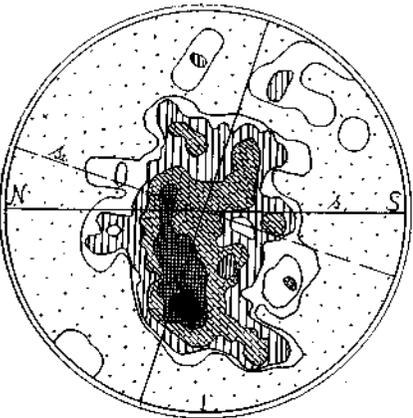


Fig. 58.

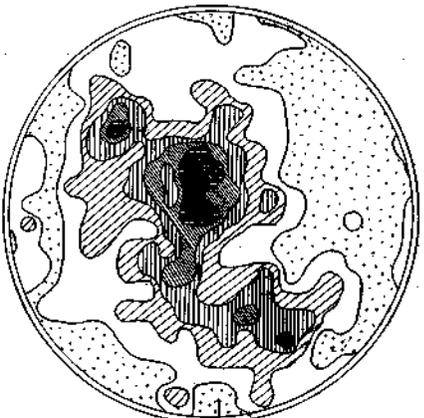


Fig. 64.

peripheren B -Gürtel einfügen. Wir hätten somit das Diagramm 54 in zwei Gürtel mit zwei aufeinander \perp Achsen, B und das Lot auf s_2 , aufgelöst.

Nach unserer Deutung der Gürtelregelung werden durch die beiden Gürtel Ebenen zwei (XZ)-Ebenen der Beanspruchung abgebildet. Die beiden übereinandergeprägten Regelungen würden also zwei verschiedenen Orientierungen des jeweiligen Beanspruchungsellipsoids gegenüber dem Gesteinskörper entsprechen. Über Fälle von gegeneinander geneigten B -Achsen im selben Gestein vergleiche übrigens L. 23 und L. 28.

Einen weiteren Gesichtspunkt für die Betrachtung der Achsendiagramme des Patscher Marmors, welcher von einer Ableitung der Achsenregelung lediglich aus der nachkristallinen Gürtelbeanspruchung absieht und vor allem auch der Unversehrtheit der Intergranulare gerecht wird, gibt die Auffassung von Fig. 55 u. ff. als Rekristallisationsregel: Die Verteilung der Achsen in Fig. 55 entspricht gut dem Bild der R -Körnerdiagramme (z. B. Fig. 40, 41, 50) in unvollständig rekristallisierten Gefügen, bei denen die Annahme der Rekristallisation durch den Kontrast der R -Körner gegenüber dem deformierten Gefüge notwendig wird; während hier ein vollständig rekristallisiertes Gefüge vorläge.

Aus den Erfahrungen an den besprochenen R -Gefügen und -Diagrammen wissen wir aber auch, daß wir in diesem Falle die hervortretenden Richtungen im Diagramm (etwa s_1 oder s_2) nur als mittelbare kristalline Abbildung von Hauptebenen der vorkristallinen Beanspruchung auffassen dürfen.

Um die Vorzugsrichtungen der Intergranulare in nähere Beziehung zu den Diagrammen zu bringen und zu weitergehenden Schlüssen über die vorkristalline Mechanik zu benützen, sie etwa als Schnittgerade von Scherflächen und Richtung linearer Poren zu betrachten, dazu ist es in diesem Fall zu unsicher, ob in unseren großtektonisch orientierten Schläfen genau die Hauptschnitte der Intergranularsymmetrie getroffen sind. Ich kenne Präparate ebenfalls von Marmoren aus dem Quarzphyllit in der Nähe von Innsbruck (Roßkopf, Wattental, ebenfalls mit makroskopisch undeutlicher B -Achse), in denen zwei aufeinander \perp Schnitte $\perp s$ einen viel deutlicheren Unterschied der I.-Ellipsoidachsen aufweisen. Vor allem auch, um über die Lage des Achsendiagramms gegenüber den Hauptrichtungen der Intergranulare sicher zu sein (z. B. die Exzentrizität der Maxima in Fig. 55), wäre die Anfertigung einer Reihe von neuen, eindeutig orientierten Präparaten nötig, deren, wenigstens derzeitige, Schwierigkeiten für uns hier schon oben angeführt wurden.

In diesem Gestein sind — nicht als einzigem — Körner nicht selten, in welchen die schmalen, von Lamellen begrenzten Korn- oder Zwillings- teile auch ihrerseits noch von Lamellensystemen durchsetzt sind, Fig. 62. Es wurde versucht, die Winkelbeziehungen zwischen den Lamellensystemen untereinander und zu den Achsen mit dem U -Tisch festzustellen. Andererseits wurden die Winkel berechnet bzw. konstruiert, die sich zwischen den möglichen Lagen der e -Flächen eines Zwillings-individuums gegenüber denen des Partners nach dem klassischen Translationsmechanismus — also z. B. ohne Drehungen in e —

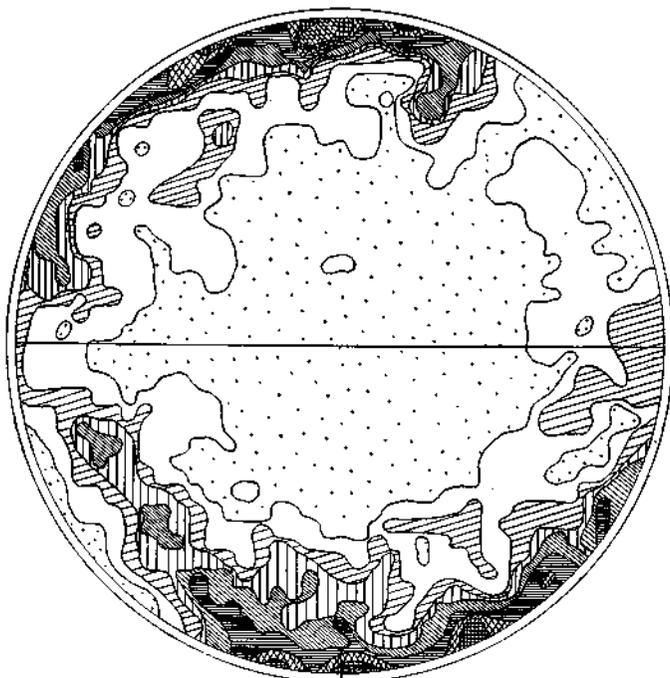


Fig. 63.

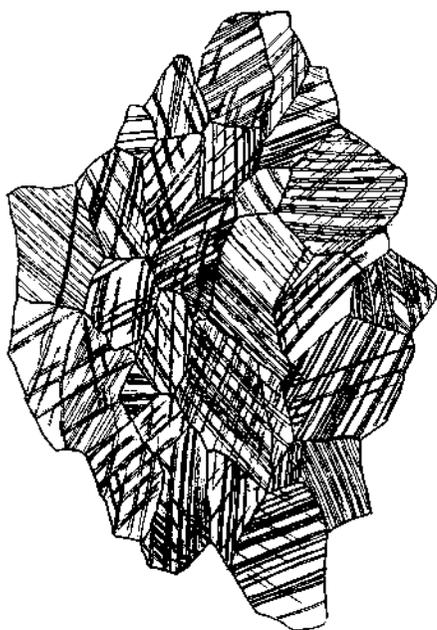


Fig. 59.

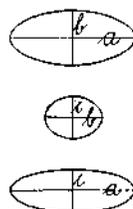


Fig. 61.

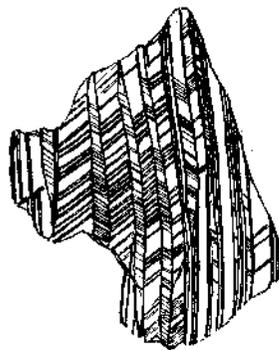


Fig. 62.

ergeben. Die Konfrontation der beiden Werte sollte als Probe aufs Exempel die Bestätigung bzw. Widerlegung dieser Voraussetzung geben.

Es stellte sich heraus, daß die empirischen Werte mit einer durchschnittlichen Abweichung von $\mp 6^\circ$ (einzelne Werte aber auch bis zu 15°) um die berechneten liegen.

Ob nun diese Differenz reale Abweichungen vom strengen Transformationsmechanismus anzeigt oder ob sie Messungsfehler darstellt, ist in diesem Falle kaum zu entscheiden, weil die Fehlergrenze bei der schwierigen Messung in den sehr schmalen und infolge ihrer Dünne oft verbogenen Kornteilen weiter ist als bei den übrigen Messungen.

Dolomitmarmor, Pfelders. (Regelung entsprechend Regel Ia des Kalzits.

Die folgende Analyse behandelt einen Dolomit aus dem Schneeberger Zug bei Pfelders als einen typischen Vertreter der ganz hellen, zucker-körnig-bröseligen Dolomitmarmore, in welchem ein vermutlich ursprünglich sedimentäres s durch parallel eingelagerte Blätter eines hellen Glimmers bezeichnet ist.

Das Gefügebild zeigt ein homogenes Mosaik von Körnern mit fast unverzahrter Intergranulare und geringen Spuren mechanischer Beeinflussung im Innern; als solche treten Spaltrisse auf neben weit distanzierten Lamellen; ganz vereinzelte große Körner geben sich durch die Färbereaktion als Kalziteinsprenglinge zu erkennen.

Die Symmetrie des Intergranularnetzes ist die eines abgeflachten Rotationsellipsoids; aber im Gegensatz zu dem untersuchten Kalzittypus II mit rotationssymmetrischer Intergranulare ist hier die singuläre Achse die kürzeste und steht \perp zu s , so daß alle Schlitze $\perp s$ linsig in s verlängerte Kornkonturen zeigen, der Flächenschliff $\parallel s$ aber isometrische (bei Kalkmarmor Typus II enthält der Querschliff (XZ) die isometrischen Kornschnitte).

*U-Tisch*aufnahme. Das Achsendiagramm Fig. 64 der Ebene $\parallel s$ zeigt einen Besetzungsgürtel $\perp s$ (also im Flächenschliff diametral verlaufend). Damit stimmt gut überein ein zweites vom selben Material vorliegendes Diagramm, Fig. 63, das Herr Doktor Rüger als Gast des Innsbrucker Institutes aufgenommen und mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat. Der Gefügeschnitt, von dem Diagramm Fig. 63 stammt, ist \perp zu der makroskopisch schwach angedeuteten Vorzugsrichtung (B) geführt und läßt durch die (ungefähr) periphere Achsenanordnung in einem Gürtelmaximum die Schliffebene als Ebene (XZ) erkennen.

Diese Regelung der Achsen (Gürtel $\perp Y$) entspricht deskriptiv der Regel Ia des Kalzits.

Dieser Befund legt eine analoge genetische Deutung nahe wie für die Kalzitregel Ia (Einregelung nach Scherflächen mit Rotationsfreiheit um die Y -Achse); eine deskriptive Stütze dieser Annahme wie im Falle des Kalzits (durch die Lamellenaufnahme) läßt sich aber hier nicht erbringen, weil das ungleichmäßige sporadische Auftreten der meßbaren Spuren mechanischer Deformation (Lamellen und Spaltrisse) eine statistische Behandlung nicht erlaubt.

Wohl aber erfährt unsere Annahme, nach der die Durchbewegungsrichtung x in den Großkreisgürtel $\perp Y(B)$ fallen muß, eine Stütze durch die Bestimmung des x nach den großtektonischen Verhältnissen an der Entnahmestelle des Probestückes (komplizierte Isoklinalfalten der Marmore des Schneeberger Zuges bei Pfelders).

Die Färbung einer Gesteinsprobe ergab linear schnurförmig in der Scherflächenachse angeordnete Kalzite. Es liegt nahe, diese Kalzite als tektonisch entmischt zu betrachten und als angesiedelt in den linearen Gesteinsporen, welche wie im Einzelkristall durch einander blockierende Scherflächen zustande kommen.

Rückblick.

1. In der vorliegenden Arbeit wurden Kalktektonite aus verschiedenen Gebieten der Ostalpen nach neueren petrographisch-analytischen Methoden, vor allem mit Hilfe des Fedorow untersucht und zwar in bezug auf folgende Punkte:

Intergranularverhältnisse: Korngestalt, Beschaffenheit der Korngrenzen:

Spuren mechanischer Einwirkung im Korninnern; Verzeichnung der Lage der optischen Achse und bestimmter kristallographischer Daten für eine größere Anzahl von Körnern (100—600) in den einzelnen Gefügen;

Verhältnis der so erhobenen Regelung zur Korngestalt: Gefügetracht.

2. Es wurde versucht, die Befunde dieser Analyse auszuwerten nach folgenden Gesichtspunkten:

I. Zu Beiträgen zur allgemeineren Frage nach der Beteiligung des Einzelkorns an der Gesteinsdeformation: Lage der Gleitflächen, eventuell Gleitrichtungen der Gefügekörner desselben Minerals unter verschiedenen Bedingungen, also Beiträge zur Auswirkung der Kornstruktur und eventuelle Änderungen derselben unter den verschiedenen Bildungsbedingungen der untersuchten Gefüge:

Beim Kalzit ergab sich als Deformationsmechanismus Translation (und Zwillingsbildung) nach 0112, wie Becke schon 1924 als Deutung Schmidtscher Diagramme (L. 10) angenommen hat und in L. 15 nachgewiesen wurde. Es wurden in nur 1—2% der Fälle Risse bzw. Lamellen anderer Lage gefunden, und zwar solche mit Winkeln von 44° und 13° gegenüber (0001), also die Flächen $\{10\bar{1}1\}$ und $\{10\bar{1}4\}$.

(Ob Flächen anderer kristallographischer Lage als e ohne sichtbare Lamellen an der Translation wirksamen Anteil nehmen, kann auf Grund der Diagramme wenigstens für einen Teil der Fälle mit Sicherheit ausgeschlossen werden.)

Nach der Translationsfläche sind die Körner geregelt, jedes Korn hat mindestens eine seiner e -Flächen subparallel einer (meist nicht ausschließlich dadurch) ausgezeichneten Ebenenschar des Gefüges.

Die in Analogie zum Laboratoriumsversuch als Translationsrichtung anzunehmende kürzere Diagonale der e -Flächen (vermutlich mit dem Richtungssinn gegen die c -Achse) weist bei ihrer Verzeichnung tatsächlich ebenfalls eine Regelung auf; in den Fällen, in denen dieses Datum nicht selbst verzeichnet ist, ersetzt die (schneller zu gewinnende) Symmetrale zwischen zwei Gleitflächen eines Korns bzw. deren inhomogene Verteilung z. T. den direkten Nachweis der Gleitrichtungsregelung.

Aus der gegenseitigen Lage von Lamellen- und Achsenmaximum kann bei scharfer Regelung die Großleitrichtung bestimmt werden; in den Fällen von (unschärferer) „Gürtel“regelung die Ebene, in welcher X liegt.

Die Intergranulare wird bei der mechanischen Durchbewegung dieser letzteren korrelat, namentlich symmetriegemäß ausgestaltet (singuläre = kürzeste Achse des Intergranular-Rotationsellipsoids $\perp s$ bei Regel I, singuläre = längste Achse $\parallel Y$ bei Regel Ia und Typus VI).

Körner mit den Merkmalen der Rekristallisation (glattkonturierte Mosaiks ohne mechanische Störung der Optik und ohne korrespondierende Grenzen gegen mechanisch deformierte Körner zwischen denselben und lagenweise zwischen gröberkörnigen Lagen von mechanisch deformierten Körnern) zeigen eine von der Regel I der D -Körner unterscheidbare Regel II. Die c -Achsen der R -Körner weisen ihre Hauptkonzentrationen inmitten der Quadranten der Diagramme auf, deren Ebenen annähernd nach Hauptrichtungen der Grobsymmetrie gelegt sind; in s , bzw. X liegende Teilmaxima, die den Gegensatz zur Regel I am stärksten hervortreten lassen, scheinen nur Streuungskommissuren zwischen diesen Quadrantenmaximis zu sein.

Es besteht also weniger eine unmittelbare Beziehbarkeit der R -Körneranordnung zu den Durchbewegungskoodinaten als vielmehr zu Hauptrichtungen der Intergranulare; zur Durchbewegung und dem s eine mittelbare wahrscheinlich insofern, als der größte Korndurchmesser sehr oft sub \parallel der Gleitfläche liegt (vgl. auch Gefügetracht und unmittelbare Beobachtung unter dem Mikroskop). Aus Einzelbeobachtungen während der U-Tischaufnahme ergibt sich ein großer Winkel ($65-90^\circ$) als häufigster zwischen Lamelle (und Achse) des D -Korns und den Achsen benachbarter R -Körner; in ähnlich großer Distanz lassen sich die Maxima der entsprechenden Diagramme einander zuordnen. Daraus ist zu schließen auf eine Einstellung der R -Achsen subparallel (bzw. unter einem Winkel $< 30^\circ$) zu der größten Schnittfläche des Intergranularsymmetriekörpers.

Bezüglich der Mechanik dieser Einstellung ist die kristalline Abbildung der Intergranulare namentlich hinsichtlich der (von Sander zuerst 1915, Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, und L. 11 betonten) verschiedenen Wegsamkeit für Lösungen und wachsende Kristallite in Betracht zu ziehen zusammen mit dem Prinzip des geregelten Wachstums von Kristalliten in Kapillaren (Groß, Möller).

Direkte Abbildungskristallisation der Regelung, d. h. Übernahme der kristallographischen Orientierung des D -Korns durch das angrenzende R -Korn (Unterschreitung der mittleren Achsendivergenz bei Nachbarn) spielt in den hier untersuchten Gefügen kaum eine Rolle; die generelle Übereinstimmung von Diagrammen mit Gürtel- oder Kreuzgürtelregelung ist zu mehrdeutig, um als Argument in diesem Sinne angeführt werden zu können. Die Beziehung der beiden Kornarten wäre vielmehr begrifflich eine Abbildungskristallisation von Symmetrieeigenschaften des D -Gefüges.

II. Auf Grund der Gefügeanalysen wurde ferner eine Typisierung der Kalktektonite vorgenommen, zunächst ohne Rücksicht auf ihre Herkunft und Schicksale. Diese folgt unten, zusammengestellt mit den

III. unternommenen Versuchen einer genetischen Deutung der in II gewonnenen deskriptiven Typen.

Es ergab sich eine Anordenbarkeit der Typen in Reihen, fortschreitend nach der stufenweisen Veränderung bestimmter Teilbefunde der Analyse (Korngröße, Topographie kristallographischer oder optischer Daten, Homogenität des Gefüges usw.), welche auf entsprechende graduelle Änderungen der geologischen Bedingungen, die zur Ausprägung der vorliegenden Gefügezustände führten, schließen lassen.

In manchen Fällen ergibt sich daraus die Möglichkeit, Gefüge von Karbonaten oder auch Kalkphylliten fraglicher geologischer Stellung durch die Zuordnung zu einem Typus, bzw. einer Reihe mit Gliedern sicherer Stellung tektonisch zu horizontieren.

Beispiel: 1. Schöckelkalk—Bändermarmor aus dem Werchzirmgraben—Tribulaunbänderkalk.

2. Vennatalmarmor—Marmor aus den Tarntaler Schichten.

Zusammenstellung der an den behandelten Kalkgesteinen unterschiedenen Typen:

Deskriptiv:

1. Gefüge mit zwei Hauptscherflächenscharen L_1 und L_2 symmetrisch zu s .

a) \sphericalangle (L_1, L_2 : Pol von s) sehr groß ($90-60^\circ$), die Achsen umranden das Lamellenfeld mit (4) symmetrischen Maximis;

Regel IIa, Grubalm, S. 52.

b) \sphericalangle (L_1, L_2 : Pol von s) kleiner ($50-25^\circ$); (nur 1—2) Achsenmaxima asymmetrisch gegenüber s , Beginn der Betonung einer ausgezeichneten Scherflächenlage (und Gleitrichtung);

Regel IIb, Weißespitz, S. 58.

2. Ein (höchstens schwach geteiltes) Lamellenmaximum in s , eine Hauptgleitrichtung;

Regel I, Vennatal, S. 43, Griesscharte, S. 43.

3. Mehr als zwei Lamellenmaxima, Lamellengürtel mit einer betonten Scherflächenschar nahe oder in s , ein Hauptgleitrichtungssinn;

Regel Ia, Sunk, S. 49.

4. Zu 1—3 (Regel der D -Körner) tritt eine abhebbare Kategorie von Körnern ohne Lamellen (R -Körner); Achsenregel der R -Körner: $\sphericalangle < 45^\circ$ gegenüber s (verschiedene Winkel gegenüber $Y\bar{Y}$);

Regel III, Vennatal, S. 61, Weißespitz, S. 63, Poverer Jöchel, S. 70.

5. Mehrere Lamellensysteme, die sich nicht (vollständig) zu einem Gürtel zusammenfassen lassen;

(Typus VI) Patsch, S. 72, Poverer Jöchel, S. 66.

Genetisch:

A. Dynamische Beanspruchung:

- a) Mit rhombischer Symmetrie, deren Hauptachsenrichtungen mit denen einer Hauptdruckbeanspruchung übereinstimmen (also ohne relative Rotation des Gefüges gegenüber den Hauptdruckrichtungen): Regel IIb.
- b) Einscharige Zerschörung nach einer Fläche $\parallel B$: Regel I.
- c) Scherung mit relativer Rotation des Gefüges um B : Regel Ia.
- d) Übereinanderprägung mehrerer Scherflächensysteme; Typus VI.

B. Rekristallisation mit zunehmender Bedeutung gegenüber der Deformation:

- a) unvollständige: Regel III;
- b) vollständige: Typus Felderbach.

Bemerkungen zu den Diagrammen.

C-Achse und Lamellen wurden an jedem Korn gleichzeitig eingemessen in allen Diagrammen mit Ausnahme der Diagramme Vennatal und Poverer Jöchl 32—42. und Tuxer Marmor 56/57, zu denen die Daten getrennt für sich erhoben wurden (also möglicherweise nicht von genau denselben Körnern).

An jedem untersuchten Schliff wurde eine Anzahl von möglichst distanzierten Parallelzeilen durchgemessen; innerhalb einer solchen Zeile sind, wenn in der Diagrammlegende nicht ausdrücklich anders vermerkt, aufeinanderfolgende Körner ohne Auslese vermessen, die bei der Parallelverschiebung des Schliffs ins Fadenkreuz traten. Bei Unterbrechungen in der Zeile wurde immer eine größere Anzahl von Körnern übersprungen.

Der Index \downarrow der Diagramme gibt nur die Senkrechte auf die Richtung der Parallelzeilen, d. i. der Objektträgerkante, längs der parallelverschoben wurde; er fällt natürlich nur deswegen so oft mit dem Pol von s zusammen, weil die Schliffhersteller angewiesen waren, die ihnen bezeichnete s -Richtung am Trägerglas orthogonal zu stellen.

Der kleine Innenkreis in den Lammellendiagrammen umschreibt den Bereich, der der Einmessung unzugänglich ist (siehe S. 37).

Bezüglich der Besetzungsdichte der Diagramme siehe Fig. 6, 15, 34, 42, 45 und die Bemerkungen im folgenden Verzeichnis.

⊙ = $Z\bar{Z}$, Lot auf der ausgezeichneten Ebenenschar (XY).

⊙ = $Y\bar{Y}$, singuläre Gefügeachse \perp (XZ).

◇ = $X\bar{X}$, Lot auf Ebene (YZ).

Fig. 1—4. Erklärungen im Text S. 38 und 40.

Fig. 5a. Griesscharte am Brenner, $\perp s$. Skizze aus dem Schliff, von dem die Diagramme Fig. 6 und 7 aufgenommen sind.

Fig. 5b. Schema der typischen Kornschnitte aus drei Schliffen: 1. $\parallel s$, 2. $\perp s$, $\perp 3$, 3. $\perp s$, $\perp 2$). $b \leq a$.

- Fig. 6. Griesscharte am Hochfeiler, $\perp s$, Riefung oder Strömung (B) im Handstück kaum angedeutet. Lamellen, 206 Pole, alle sichtbaren. (Achsen desselben Schriffes in Fig. 7. Gleitrichtungen desselben Schriffes in Fig. 10.) Die Legende gilt für alle folgenden Diagramme, mit Ausnahme der Fig. 15—17, 19, 20, 34, 35, 42—46, 54, 63, 64.
- Fig. 7. Griesscharte am Hochfeiler, $\perp s$, Achsen, 186 Pole. (Lamellen desselben Schriffes in Fig. 6, Gleitrichtungen desselben Schriffes in Fig. 10.)
- Fig. 8. Griesscharte am Hochfeiler, $\perp s$, \perp zu dem Schriff, von dem Fig. 6 und 7 aufgenommen wurden. Lamellen, 264 Pole, alle sichtbaren. (Achsen desselben Schriffes in Fig. 9, Gleitrichtungen desselben Schriffes in Fig. 11.) Ausgezogene Spur im Äquator: Spur des s im Handstück: Ablösefläche, feine Risse, Wechsel verschieden hellgefärbter Einlagen. Gestrich: s des Feingefüges als Mittel-lage der Korngleitflächen.
- Fig. 9. Griesscharte am Hochfeiler, $\perp s$, wie Fig. 8. Achsen, 228 Pole. (Lamellen desselben Schriffes in Fig. 8, Gleitrichtungen desselben Schriffes in Fig. 11.)
- Fig. 10. Griesscharte am Hochfeiler, $\perp s$, wie Fig. 6. Gleitrichtungen, 201 Pole. (Lamellen desselben Schriffes in Fig. 6, Achsen desselben Schriffes in Fig. 7.)
- Fig. 11. Griesscharte am Hochfeiler, $\perp s$, wie Fig. 8. Gleitrichtungen, 251 Pole. (Lamellen desselben Schriffes in Fig. 8, Achsen desselben in Fig. 9.)
- Fig. 12. Griesscharte am Hochfeiler. $Esyk$, Symmetralen des kleineren Winkels zwischen zwei Gleitflächen desselben Kornes. 53 Pole. Schriff $\perp s$, wie Fig. 8, 9, 11, 13 und 14.
- Fig. 13. Griesscharte am Hochfeiler. $Rsyg$, Symmetralen des größeren Winkels zwischen zwei Gleitrichtungen desselben Kornes. 55 Pole. Schriff $\perp s$, wie Fig. 8, 9, 11, 12, 14.
- Fig. 14. Griesscharte am Hochfeiler. $Rsyk = Esyg$, Symmetralen des größeren Winkels zwischen zwei Gleitflächen = Symmetralen des kleineren Winkels zwischen zwei Gleitrichtungen desselben Kornes. 55 Pole. Schriff $\perp s$, wie Fig. 8, 9, 11—13.
- Fig. 15. Marmor aus dem Vennatal am Brenner (keine B -Achse am Handstück). Lamellen der D -Körner, alle sichtbaren, 336 Pole. Schriff I, $\perp s$. Die Legende gilt für Fig. 15, 16, 17, 19 und 20.
- Fig. 16. Marmor Vennatal. c -Achsen der D -Körner, 246 Pole. Schriff I, wie Fig. 15 Achsen der B -Körner desselben Schriffes in Fig. 40. Musterung wie in Fig. 15.
- Fig. 17. Marmor Vennatal. c -Achsen der D -Körner, 318 Pole. Schriff II, $\parallel s$. Musterung wie in Fig. 15.
- Fig. 18. Marmor Vennatal. c -Achsen der D -Körner, 240 Pole. Schriff III, $\perp s$. Achsen der R -Körner desselben Schriffes in Fig. 41.
- Fig. 19. Einschluß in Tuxer Marmorbreccie. Lamellen, 313 Pole. (Achsen desselben Schriffes in Fig. 20.) Die Musterung dieses Diagrammes ebenso wie die des folgenden, Fig. 20, ist auf eine gegenüber dem Äquator (= Schieferungspur) 12° nordöstlich—südwestlich herausgedrehte Basislinie bezogen. Legende zur Musterung in Fig. 15.
- Fig. 20. Einschluß in Tuxer Marmorbreccie. Achsen, 192 Pole. (Lamellen desselben Schriffes in Fig. 19.) Legende zur Musterung in Fig. 15.
- Fig. 21. Sunkmarmor, $\parallel B$ (= Strömung), $\perp s$. Achsen, 176 Pole. (Lamellen desselben Schriffes in Fig. 22. Gleitrichtungen desselben Schriffes in Fig. 26.)
- Fig. 22. Sunkmarmor, $\parallel B$, $\perp s$. Lamellen, 241 Pole. (Achsen desselben Schriffes in Fig. 21, Gleitrichtungen desselben Schriffes in Fig. 26.)
- Fig. 23. Sunkmarmor, $\perp B$, $\perp s$. Achsen, 319 Pole. Spur der Schieferung im Schriff nicht erkennbar. (Lamellen desselben Schriffes in Fig. 24.)
- Fig. 24. Sunkmarmor, $\perp B$, $\perp s$. Lamellen, 297 Pole. (Achsen desselben Schriffes in Fig. 23.)
- Fig. 25. Sunkmarmor, Lamellensammeldiagramm, summiert aus Fig. 22 und 24, Grund-kreisebene = $\parallel B$, $\perp s$.

- Fig. 26. Sunkmarmor, $\parallel B, \perp s$, Gleitrichtungen \bigcirc , 228 Pole (Lamellen desselben Schliffes in Fig. 22. Achsen desselben Schliffes in Fig. 21.)
- Fig. 27. Sunkmarmor, $\parallel B, \perp s$, *Esyk*, Symmetralen des kleineren Winkels zwischen zwei Gleitflächen pro Korn, 72 Pole. Schliff wie zu Fig. 21, 22, 26, 28, 29.
- Fig. 28. Sunkmarmor, $\parallel B, \perp s$, *Rsyk* (= *Esyg*), Symmetralen des kleineren Winkels zwischen zwei Gleitrichtungen pro Korn, 64 Pole. Schliff wie zu Fig. 27.
- Fig. 29. Sunkmarmor, $\parallel B, \perp s$, *Rsyg*, Symmetralen des größeren Winkels zwischen zwei Gleitrichtungen pro Korn, 70 Pole. Schliff wie zu Fig. 27 und 28.
- Fig. 30. Grubalm, Gschöb, sub $\perp s$ (?) (kein *B*). Achsen, 360 Pole. Körner des Zwischengefüges ohne Auslese (mit Ausnahme der Körner in den Fossilresten).
- Fig. 31. Grubalm, Gschöb. Schnitt $\perp s$, keine makroskopische *B*-Achse, sämtliche beobachtbaren Lamellen, 313 Pole. Die zwei gestrichelten Durchmesser sind die Spuren der den Schwerpunkten der Teilmaxima 1 und 2 entsprechenden Ebenen.
- Fig. 32. Grubalm, derselbe Schliff von dem Fig. 31 stammt. Achsen zu den Körnern, deren Lamellen in Fig. 31 dargestellt sind, 260 Pole; alle Körner des vermessenen Bereiches mit Ausnahme der Körner in den Fossilresten und ganz kleiner Körner ohne Lamellen.
- Fig. 33. Grubalm, derselbe Schliff wie Fig. 31 und 32. Achsen der in Fig. 32 nicht enthaltenen kleinen Körner ohne Lamellen, so daß also Fig. 32 und 33 zusammen alle Körner des vermessenen Bereiches enthalten mit Ausnahme der Körner in den Fossilresten (Fig. 30).
- Fig. 34. Grubalm, Gschöb, *Esyg*, Symmetralen des größeren Winkels zwischen zwei Gleitflächen pro Korn, 40 Pole. Schliff wie zu Fig. 30—33.
- Fig. 35. Grubalm, Gschöb, *Esyk*, Symmetralen des kleineren Winkels zwischen zwei Gleitflächen, 40 Pole. Schliff wie zu Fig. 30—34. Legende zur Musterung siehe Fig. 34.
- Fig. 36. Weißspitz bei Gossensaß, basaler Bänderkalk, $\perp s, \perp B$. Alle sichtbaren Lamellen, 150 Pole; mindestens 1 pro Korn, in $26\frac{1}{2}\%$ der Körner 2 pro Korn. Der gestrichelt umgrenzte Bezirk enthält einen großen Teil der Pole eines zweiten Systems im Korn.
- Fig. 37. Weißspitz, Achsen zu Fig. 36, also der *D*-Körner, 129 Pole.
- Fig. 38. Weißspitz, derselbe Schliff wie Fig. 36 und 37. Achsen der *R*-Körner, 245 Pole. Weiß = $0-11\frac{1}{2}\%$, lotrechte Striche = $11\frac{1}{4}-3\%$, übrige Musterung wie in den anderen Diagrammen.
- Fig. 39. Weißspitz, derselbe Schliff wie zu Fig. 36 und 37, $\bigcirc = Esyg = Rsyk$, 31 Pole; $+$ = *Esyk*, 34 Pole.
- Fig. 40. Marmor Vennatal. Achsen der *R*-Körner, 224 Pole. Schliff I, $\perp s$, sub $\parallel YZ$, wie Fig. 15, 16.
- Fig. 41. Marmor Vennatal. Achsen der *R*-Körner, 172 Pole. Schliff III, wie Fig. 18.
- Fig. 42. Marmorstengel vom Poverer Jöchel, Wattental. Lamellen, alle sichtbaren, 629 Pole. Schliff I, $\parallel B$ -Achse des Stengels. Fig. 42—44 und 46 haben dieselbe Musterung wie Fig. 6, nur sind zwei Zwischenstufen, $1-1\frac{1}{2}$ und $2-2\frac{1}{2}\%$ eingeschoben.
- Fig. 43. Marmorstengel vom Poverer Jöchel, Wattental. Lamellen, 537 Pole. Schliff II, $\parallel B$ -Achse des Stengels. \perp zu Fig. 42. Achsen desselben Schliffes in Fig. 46.
- Fig. 44. Marmorstengel vom Poverer Jöchel. Lamellen, 683 Pole. Schliff III, \perp zur *B*-Achse des Stengels. Die Musterung des Diagrammes ist hier ebenso wie in Fig. 45, abweichend von den übrigen Diagrammen, nicht auf den N-S-Meridian, sondern auf den Äquator bezogen.
- Fig. 45. Marmorstengel vom Poverer Jöchel. Lamellensammeldiagramm. Grundkreisebene = Querschnittsebene des Stengels. Betreffs Musterung siehe Fig. 44.
- Fig. 46. Marmorstengel vom Poverer Jöchel. Achsen, 607 Pole. Schliff II. $\parallel B$ -Achse des Stengels.
- Fig. 47. Derselbe Schliff II wie in Fig. 43 und 46 ($\parallel B$); Achsen der *R*-Körner, 203 Pole.

- Fig. 48. Marmorstengel vom Poverer Jöchl, Wattental. Anderes Stück als in den Fig. 42—46, $\perp B$, sämtliche sichtbaren Lamellen der großen D -Körner. 307 Pole.
- Fig. 49. Derselbe Schliff wie in Fig. 48. Achsen zu Fig. 48, also der D -Körner, 215 Pole.
- Fig. 50. Derselbe Schliff wie in Fig. 48 und 49. Achsen der R -Körner, 210 Pole.
- Fig. 51. Marmorstengel vom Poverer Jöchl mit dem in Fig. 48 eingezeichneten Querschnitt. Schliff $\parallel B$, Achsen der R -Körner, 276 Pole.
- Fig. 52. Marmor aus dem Quarzphyllit von Patsch bei Innsbruck. Lamellen, alle sichtbaren, meist 2 pro Korn. 316 Pole. Schnitt $\perp s$, NS, sub \perp der allerdings nur schwach angedeuteten B -Richtung.
- Fig. 53. Marmor Patsch. Lamellen, sämtliche 3 pro Korn, mindestens 1, meist 2 beobachtet, die dritte konstruiert. 234 Pole. Schnitt wie Fig. 52.
- Fig. 54. Marmor aus dem Quarzphyllit von Patsch bei Innsbruck. Lamellensammel-diagramm, summiert aus Fig. 52 und 258 Lamellen eines Schliffes $\perp s$, O—W, sub \parallel zur schwach angedeuteten B -Achse (der nicht wiedergegeben ist). Musterung wie in Fig. 45.
- Fig. 55. Marmor Patsch. c -Achsen, 185 Pole. Schliff $\perp s$, NS. \perp zur allerdings nur schwach angedeuteten B -Richtung; vgl. dazu Fig. 52 und 59.
- Fig. 56. Marmor Patsch. *Esyk*, Symmetralen des kleineren Winkels zwischen zwei Gleitflächen desselben Kornes. 100 Pole. Schliff $\perp s$, NS, wie Fig. 52, 55, 57, 58.
- Fig. 57. Marmor Patsch. *Rsyk*, Symmetralen des kleineren Winkels zwischen zwei Gleitrichtungen desselben Kornes. 95 Pole. Schliff $\perp s$, NS, wie Fig. 52, 55, 56, 58.
- Fig. 58. Marmor Patsch. *Rsyg*, Symmetralen des größeren Winkels zwischen zwei Gleitrichtungen im Korn. 100 Pole. Schliff $\perp s$, NS, wie Fig. 52, 55—57.
- Fig. 59. Dünnschliffbild des Patscher Marmors. Schlifforientierung N—S, $\perp s$, \perp zu einer allerdings schwach ausgeprägten Striemung; derselbe Schliff, von dem Diagramm 52, 53, 55—58 stammen.
- Fig. 60. Dünnschliffbild des Patscher Marmors. O—W, $\perp s$, \parallel zur angedeuteten B -Achse (\perp Fig. 59). Die rundlichen, leer gelassenen Körner sind Quarze.
- Fig. 61. Marmor Patsch. Schema der Kornschnittfiguren aus drei aufeinander normalen Gefügeschnitten: $\parallel s$; $\perp s$, $\perp 3$) [Fig. 59]; $\perp s$, $\perp 2$) [Fig. 60].
- Fig. 62. Marmor Patsch. Ein Korn mit „lamellierten Lamellen“.
- Fig. 63. Dolomit Pfelders. $\perp B$ -Achse, $\perp s$. Achsen. 656 Pole. Musterung wie in Diagramm 42.
- Fig. 64. Dolomit Pfelders. $\parallel s$. Achsen, 653 Pole. Keine Vorzugsrichtung im Schliff erkennbar. Musterung wie in Diagramm 42.

Hinweise.

	Seite
Einscharige Scherung (Regel I).....	44, 46
Gleichrichtungssinn	46
Großgleichrichtung, Bestimmung aus Achsen- und Lamellendiagramm	46, 53
Gürtelgefüge.....	49, 52, 68, 70, 74, 78
Heteroachs geregelte Stengelformen.....	68, 70
Intergranulare	43, 52, 73, 78
Kornleitflächen und -richtungen	40, 56, 79
Korntranslation	44, 79
Rekristallisation, Beziehungen zum Deformationsgefüge	63, 70, 72
Rekristallisationskriterien	61, 80
Rekristallisationsregel	62, 63, 70
Rotation des Gefüges relativ zur Einspannung	49, 82
Symmetralen-Einregelung.....	41, 54, 60, 74
Verschiebungssinn der höheren Schichten gegenüber den tieferen	46
Winkel, häufigster, zwischen den Orientierungsdaten benachbarter Körner	46, 56, 72

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	33
Zur Untersuchungsmethode	35
Typisierung:	
Typus I, Regel I, Marmor Griesscharte (Diagramme 6—14)	43
" " Marmor Vennatal, Brenner (Diagramme 15—18, 40, 41)...	43
Typus II, Regel Ia, Marmor Sunk (Steiermark) (Diagramme 21—29).....	49
Typus III, Regel IIa, Marmor Grubalm, Gschöß (Diagramme 30—35).....	52
Typus IV, Regel IIb, Marmor Weißespitz bei Gossensaß (Diagramme 36—39)	58
Typus V, Regel III, Rekristallisation:	
Venna	61
Weißespitz	63
Alabastermarmore, Tribulaun (Diagramme 40, 41, 47, 50, 51) ..	64
Typus VI, Marmore aus dem Quarzphyllit; Stengel vom Poverer Jöchel, Watten-	
tal (Diagramme 42—51).....	66
Marmor Patsch bei Innsbruck (Diagramme 52—58)	72
Dolomit (Diagramme 63, 64).....	78
Rückblick	79
Legende zu den Diagrammen	82
Hinweise.....	86