

MITTEILUNGEN  
des Reichsamts für Bodenforschung  
Zweigstelle Wien

---

---

4

---

---

Geologie  
des Tauern-Westendes

I

Inhalt:

	Seite
<b>Sander, Bruno:</b> Über Flächen- und Achsengefüge (Westende der Hohen Tauern, III. Bericht) . . . . .	3

WIEN 1942

Reichsamt für Bodenforschung, Zweigstelle Wien  
Wien III, Rasumofskygasse 23

# Über Flächen- und Achsengefüge (Westende der Hohen Tauern, III. Bericht<sup>1)</sup>)

VON BRUNO SANDER, INNSBRUCK

Zunächst werden in allgemeinen Erörterungen zur tektonischen Analyse flächiger und linearer Parallelgefüge die im Sachverzeichnis übersichtlich gemachten Begriffe im Zusammenhange eingeführt. Von diesen Grundlagen ist im zweiten Teile der Arbeit bei Darstellung der achsialen Gefüge (B und  $\beta$ ) rings um das Westende der Tauerngneise Gebrauch gemacht. Nachdem spätere Kartierung und Profilierung über meine Arbeiten nur in der Zusammenfassung tektonischer Serien und in deren ultratektonischer Deutung hinausgegangen sind, werden hier zunächst neue Beiträge zur Kenntnis des beobachtbaren tektonischen Gefüges vorgelegt. An diese Darstellung werden bei späterer Gelegenheit die petrographischen und korngefügekundlichen Ergebnisse und an diese die Würdigung der großtektonischen Ideen (Decken; Abwärtsbau; Überlagerung verschiedener B-Pläne; Transport und Einengung; Rolle der Granite) angeschlossen.

## Einleitung

Die vorgelegte Arbeit befaßt sich mit der Untersuchung des flächigen und linearen Parallelgefüges mit Ausnahme der Befunde mit Mikroskop und Universaldrehtisch, welche bei anderer Gelegenheit folgen und an die hier gegebenen Grundlagen engstens anschließen sollen. Es handelt sich also um statistisch tektonische Betrachtung der Befunde an Aufschluß und Handstück nach Verzeichnung auf der zuerst von BLAAS für die Verzeichnung tektonischer Daten vorgeschlagenen Lagenkugel projiziert als SCHMIDT'sches Netz, über homogene und inhomogene Bereiche in Sammeldiagramme gestellt nach den in SANDER 1940 bereits dargestellten Grundsätzen. Raumes halber hier vorausgesetzt muß werden eine gewisse Fühlung mit jenen viel allgemeineren gefügekundlichen Begriffen, welche, auch wo sie zuerst vom Korngefüge aus eingeführt wurden, genau so gut seit je für die tektonische Analyse von Aufschluß und Profil, also von Bewegungsbildern gelten, die der Sache halber nicht der ungestörte Gegenstand begrenzterer Tektonik bleiben können. Daß diese Begriffe entgegen der Meinung mancher Tektoniker nicht auf das Korngefüge begrenzt sind, soll auch diese Arbeit wieder zeigen helfen.

Raumes halber vorausgesetzt werden muß ferner eine wenigstens flüchtige Fühlung mit meinen geologischen Bearbeitungen des Tauernwestendes; unerläßlich ist die Einsichtnahme in den zweiten Bericht über

<sup>1)</sup> I. Bericht: Denkschr. Akad. Wiss. Wien 82, 1911.  
II. Bericht: Jahrb. geol. Staatsanst. Wien 70, 1920.

das Tauernwestende (1920) bzw. dessen Karte und Profile, ferner in 1939a und 1940. Ohne eine für die Handhabung von Symmetriebegriffen und Projektionsverfahren genügende kristallographische Schulung sind die tektonisch symmetriologische Betrachtung und die Analyse verschieden gelagerter Symmetriepläne der Beanspruchung und Bewegung und damit Beiträge wie der vorliegende zur genaueren tektonischen Analyse nicht möglich. Diese Untersuchungsart ist, wie ich seit 1909 betone, nicht die einzige, aber geeignet von der Teilbewegung aus eine sichere Stellung zu gewinnen zu den meines Erachtens sehr vielfach willkürlich angenommenen Bewegungsbildern in flächigen und linearen Parallelgefügen (vgl. 1936 b).

Den Herren Dr. LADURNER und Dr. W. SANDER danke ich für Beihilfe bei der Druckfertigstellung der Arbeit; Dr. SANDER namentlich für die umfangliche Reinzeichnung der Abbildungen.

Für diese Arbeit habe ich die Handstücke entnommen, nachdem ich Kartierung und Profilierung schon durchgeführt und dargestellt hatte, also in eigener Fühlung mit dem inhomogenen Großbereich, seinen homogenen Teilbereichen und seinen Fragestellungen.

Wie in der Arbeit über Anlagerungsgefüge 1936a wurden die nach allen mit oder ohne Schräglicht-Symmetrieweiser (vgl. 1939 b) ersichtlichen Gefügekoordinaten angeschliffenen, orientierten Handstücke vor Ansetzung der Dünnschliffe unter Stereolupe untersucht. Es ist dies immer, schon wegen der Wahl der besten Stelle für den Dünnschliff, nötig und bisweilen, so bei Phylloniten, für den Übergang auf größere Bereiche noch wichtiger als der Dünnschliff. Ich habe schon 1911a gezeigt, daß man manche Tektonite z. B. Phyllonite überhaupt nicht mit Dünnschliffen allein beschreiben kann und immer wieder zeigen dies manche meist mehr schöne als ausgewertete Anschliffbilder petrographischer Arbeiten.

Nach der erwähnten Anschliffpräparation und vor der Entnahme der Dünnschliffe erfolgt die erste Darstellung des einzelnen Handstückes auf eigener Oleate für jedes Handstück. Die Oleate wird mit den Punkten für N, E, S, W in ihrer Ebene versehen. Es wird die am Handstück bei Entnahme eingemessene Ebene E eingetragen, sei sie unzufällig oder, wo nicht anders möglich, zufällig. Eine bloß zufällige (einmalige) Ebene ist hierbei entweder sogleich unverwechselbar kenntlich zu machen oder nach allen Konstruktionen auszuradiieren, damit sie nie mit reellen homogen verteilten s-Flächen verwechselt werden kann. Man trägt zuerst in die auf dem flächentreuen Netz liegende Oleate als Durchmesser des Grundkreises die Streichrichtung der im Felde eingemessenen Ebene E ein, dann mit Hilfe des Fallwinkels (zentripetal gezählt) den Großkreisbogen, welcher die Projektion von E ist und den Pol dazu. Ist E eine zufällige Ebene, so trägt man nun jene ihrer Begrenzungsgeraden ein, welche die Schnittkante k zwischen Ebene und einer interessierenden Gefügeebene s ist. Ist die eingemessene Ebene E keine zufällige, sondern selbst, wie in den meisten Fällen, eine Fläche des Gefüges s, so trägt man eine etwa vorhandene Gerade g eines Lineargefüges auf s ein. Gleichviel ob k oder g, es handelt sich geometrisch um die Eintragung einer auf einer bereits eingetragenen Ebene E liegenden Geraden, welche mit der Streichrichtung von E einen  $\propto \zeta$  bildet. Diesen  $\propto \zeta$  zählt man auf dem Großkreisbogen zu E ab und erhält damit den Durchstoßpunkt der Geraden auf E in der Pro-

jektion. Um Irrungen in der Abzählrichtung von  $\times \zeta$  auszuschließen, bringt man das Handstück gegenüber der Oleate in richtige Lage und zählt dann  $\times \zeta$  ab. Dies vollzieht man mit allen unzufälligen auf E sichtbaren Geraden. Sehr oft sind eine (g) oder mehrere dieser Geraden Schnittgerade zwischen E und einer Ebene  $s_1, s_2$  usw., welche ebenfalls unzufällig wiederholt und also eine einzutragende Gefügeebene ist. Um  $s_1$  einzutragen, zeichnet man den Großkreis  $\perp g$ . Dieser ist der „Zonenkreis“, der sich in g schneidenden Ebenen E und  $s_1$ . Auf ihm kann man mit Hilfe des am Handstück mit Anlegegoniometer gemessenen Winkels  $E \wedge s_1$  sogleich den Großkreisbogen für  $s_1$  einzeichnen. Man geht so weiter, bis man alle Ebenen und Geraden des Gefüges erfaßt hat, von Kanten zu Zonenkreisen und Ebenen dieser Zone, von Ebenen zu neuen Kanten oder Geraden in der Ebene usw., wie es jeder kristallographische Zeichenkurs lehrt und wie dies in 1940, S. 122, schematisiert ist. Ist eine Gerade auf s eine B-Achse, so kann man angeben, in welcher Vertikalebene (z. B. N 60 W) B liegt und mit wieviel Grad es in bestimmter Richtung einfällt (z. B. 16 NW). Die Angabe N 60 W, 16 NW bezeichnet die Lage der Achse eindeutig. Man kann sie auch mit einem gewöhnlichen Kompaß am Anstehenden gewinnen, indem man über der Stelle stehend Kompaßkante und B-Achse durch vertikales projizierendes Visieren deckt und dabei das Streichen (N 60 W) der Vertikalebene, in welcher B liegt, abliest; sodann das Datum 16 NW. Die Projektion ergibt sehr oft eine beachtliche Ungenauigkeit dieses Vorgehens, indem der Achsenpol neben den s-Kreis fällt. Am besten ist es nach genauer Einmessung von s den Winkel zwischen Streichen von s und B auf s mit einem Goniometer oder mit dem hierzu ausgestalteten Kompaß (vgl. 1939 b, Abb. 3) zu messen und in die Projektion von s einzutragen. Genaueres hierüber folgt später.

Dies ist umrißweise das geometrische Verfahren zur Eintragung von flächigem und linearem Parallelgefüge, in welchem genetisch verschiedene s-Flächen (durch Scherung, durch Plättung, durch Anlagerung) und Gerade eine Rolle spielen. Geometrisch kann man nun ein Gefüge oder einen Kristall einwandfrei beschreiben, indem man von beliebigen Koordinaten ausgeht. Aber die Aufgabe wird bekanntlich umso einfacher, je mehr man sich beim Kristall dabei dichtest besetzter und symmetrologisch bedeutsamer realer Gittergeraden als Koordinaten, diesfalls Achsen heißen, bedient. Und ganz Analoges hat die Gefügekunde aufgezeigt, indem sie an Stelle beliebiger Koordinaten für die Gefügebeschreibung reelle und symmetrologisch bedeutsame Richtungen des Gefüges gesetzt, definiert und in Anlehnung an die kristallographischen Achsen und Symmetrien mit a, b, c bezeichnet hat, was noch den unschätzbaren Vorteil kürzester und jedem Mineralogen vertrauter Flächenbezeichnung mit Hilfe der üblichen Zeichen h, k, l und 0 mit sich brachte. In diesem Sinne waren bei den hier beschriebenen Tektoniten u. a. besonders b (B)-Achsen, Scherungsebenen (a b) oder 0 k l, k 0 l, h k 0 und Schnittgerade von Scherflächen ohne Bewegung normal zur Schnittgeraden einzutragen. Ganz wie bei Kristallen ist es durchaus möglich, bei z. B. durch Korngefügeanalysen des Gefüges fortschreitender Einsicht in das Gefüge und seine Teilgefüge an Stelle der zuerst als Koordinaten verwendeten Gefügeachsen a b c andere Richtungen des Gefüges mit a b c zu bezeichnen, welche der begrifflichen Definition von a, b, c ( $s \perp (ab)$ ;  $c \perp s$ ;  $b \perp$  auf Symmetrie-

ebene (ac);  $a \perp b$ ) besser entsprechen oder einer Fragestellung an ein Teilgefüge (z. B. Calcit in einem Kalkphyllit) besser dienen.

Wie vollzieht sich nun, wenn derartige Oleaten für die einzelnen Handstücke schon vorliegen, die Darstellung eines größeren Bereiches und die Kontrolle seiner Homogenität in bezug auf jene in den Handstückdiagrammen verzeichneten Gefügedaten?

Es ist zunächst einiges durch mißverständliches Schrifttum unklar gewordene in Erinnerung zu bringen. Wenn wir von verschiedenen Stellen eines Bereiches ein Datum (z. B. eine kristallographische Achse einer Kornart im Dünnschliffbereich oder eine B-Achse in einem Steinbruch u. dgl.) immer wieder entmessen und sein Ort auf der Lagenkugel mit einer gewissen Streuung derselbe bleibt, so ergibt sich folgendes:

1. Die Persistenz der Häufung ist eine Bedingung für die Homogenität des Bereiches in bezug auf dieses Datum, wenn eben und so weit bei räumlichem Weiterschreiten der Ort des Datums auf der Lagenkugel (mit Streuung, aber ohne Verzerrung oder Wanderung) erhalten bleibt.

2. Der Ort dieses Datums auf der Lagenkugel und damit die Orientierung des Datums im betrachteten Gefügebereich ist unzufällig; zufällig, das heißt, unableitbar, ist in Gefügen und an Gestalten das nicht sich wiederholende keiner Parallelschar angehörige einmalige, damit auch nicht typisierbare Datum.

3. Das Merkmal für die Unzufälligkeit einer Häufungsstelle unseres gestreuten Datums auf der Lagenkugel liegt nicht in einem bestimmten Grade der Besetzungsdichte, sondern im Immerwiederauftreten, in der Persistenz der hinsichtlich ihrer Unzufälligkeit interessierenden Häufungsstelle, wenn man den untersuchten Bereich vergrößert oder andere analog gebaute Bereiche heranzieht, d. h., wie üblich in einem synoptischen Diagramm aufeinander überlagert.

In Sammeldiagramme über größere homogene Bereiche hin wurden folgende teils auf der einzelnen Handstückoleate schon enthaltene (1. 3.), teils erst bei Überlagerung der Handstückoleate erscheinende (2) Raumdaten eingetragen. Diese Raumdaten sind z. T. reelle Gefügedaten des Gefüges im Handstückbereich (s. B), z. T. rein geometrische Daten ( $\beta$ ,  $\pi$ -Pol), denen gar kein reelles Gefügekorrulat entsprechen muß, welche aber trotzdem ihre später zu erörternde Bedeutung haben. Die Daten sind:

1. Die Flächenpole der an den Handstücken des betrachteten Bereiches eingemessenen s-Flächen. Die Persistenz ihrer Häufungsstellen über die einzelnen Entnahmestellen des Bereiches hin ergibt, außer der schon erwähnten Bedeutung als Bedingung der Homogenität und als Beweis der Unzufälligkeit des Gefüges hinsichtlich jener s-Flächen, wichtige Symmetrietypen der Anordnung. Trotz vielfacher Erfahrung hierin wird man immer wieder überrascht durch die Größe der homogenen Bereiche, für welche ganz die in der Gefügekunde vorgenommene Typisierung der auf a, b, c beziehbaren Flächen und der Symmetrie ihrer Anordnung gilt. Alles für den Korngefügebereich im Schliff und Handstück darüber Ausgesagte (vgl. SANDER 1930) findet man kontrollierbar, wie durch die genügend zahlreichen Handstücke des vorgelegten Falles, in bestimmbar homogenen Bereichen wieder. Es gibt keine geologischen Körper mit Parallelgefüge, welche man ohne die in der Gefügekunde längst eingeführte und gehandhabte symmetriologische Betrachtung zeitgemäß

kennzeichnen kann; unter anderem gilt dies auch hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen den Bereichen in Tektonitgebieten.

Im betrachteten Falle sind die meist vertretenen Symmetrietypen in der Anordnung der s-Flächenpole ursprüngliche Rotationssymmetrie, zugeordnet dem Erdradius in Gestalt eines s-Pol-Maximums; ganz besonders aber die Anordnung aller s-Pole auf einem Großkreis. Dieser steht keineswegs so häufig, wie manche Tektoniker voraussetzen, vertikal. Im betrachteten Falle ist dieser s-Pol-Kreis als  $\pi$ -Kreis bezeichnet, sein Lot als  $\pi$ -Achse, der Ort von  $\pi$  in der Projektion als  $\pi$ -Pol.

Ergibt sich aus den Handstückoleaten ein  $\pi$ -Kreis auf der Sammeloleate, so ist dies ein zufälliges nach bisheriger Erfahrung durchaus typisierbares Datum, gleichviel ob eine reelle  $\pi$ -Achse, z. B. ein mit  $\pi$  zusammenfallendes B-Achsen-Maximum vorhanden ist oder nicht.

Wenn sich in einem Bereiche die an den verschiedenen Stellen eingemessenen Flächen in parallelen Geraden schneiden (kristallographisch gesagt, lautozonal sind), so ist das zunächst allgemein betrachtet eine aus der Lagenkugelprojektion (samt der Streuung und eventueller Verzerrung oder Wanderung des Häufungspunktes dieser Schnittgeraden) leicht ablesbare erklärungsbedürftige, d. h. auf besondere Bedingungen für die Entstehung dieser Sachlage hinweisende Tatsache, also unbedingt zu erheben und festzuhalten. Handelt es sich z. B. um Scherflächen, so ist ein starker durch Korngefügeanalysen überprüfbarer Hinweis darauf gegeben, daß der Bereich einer Beanspruchung durch Außenkraft in der Ebene senkrecht auf die gemeinsame Richtung  $\beta$  der ideellen oder reellen Schnittgeraden (ideelle „ $\pi$ -Achse“ oder reelle „B-Achse“) unterzogen war. Treten B-Achsen auf, deren Häufung nicht mit der Häufung von  $\pi$  zusammenfällt, so ist das B-Achsen-Gefüge und das s-Flächen-Gefüge des Bereiches nicht syntektonisch (im genaueren Sinne, d. h. bei gleicher Anordnung von Bereich und Außenkraft) entstanden; andernfalls wahrscheinlich syntektonisch aber der Überprüfung durch Korngefügeanalysen bedürftend.

2. Man kann nun die Verteilung aller zwischen sämtlichen Flächenpaaren eines Bereiches auftretenden ideellen Schnittgeraden genauer untersuchen, was noch bestimmtere Einblicke und Kennzeichnungen ergibt. Hierbei stellt man die s-Flächen nicht durch ihre Pole (Lote), sondern durch ihre Großkreisbögen (s-Kreise) dar. Alle dabei auftretenden Schnittstellen der s-Kreise sind gesuchte Gerade, welche, da ihnen weder gedanklich noch reell B-Achsen entsprechen müssen, die eigene Bezeichnung „ $\beta$ -Achsen“ („ $\beta$ -Maxima“ für deren Häufungsstellen) erhalten. Ob und wie  $\beta$  als Schnittgerade nur geometrisch möglich oder im Gefüge realisiert ist (z. B. als Faltenachse oder begegnende Verwerfer u. dgl.), ob dem  $\beta$  eine echte B-Achse (mit Teilbewegung  $\perp$  B) entspricht oder eine Schein-B-Achse (mit Teilbewegung nicht  $\perp$  B), darüber ist durch die Bezeichnung  $\beta$  absichtlich nichts ausgesagt. Dann, aber nur dann ist die Gegenüberstellung der  $\beta$ -Häufungen und der B-Häufungen fruchtbar.

Das  $\beta$ -Diagramm ergibt an der hier behandelten Gesteinswelt sehr oft typisierbare Besetzungen mit bestimmter Symmetrie der Lagenkugelbesetzung und verschiedenen Häufungsstellen. Manche von diesen  $\beta$ -Häufungen sind zugleich B-Häufungen und damit erklärt, d. h. das zugehörige lautozonale Flächenbüschel ist syntektonischer Entstehung im selben symmetrie-

konstanten Formungsakte mit dem Gefügekorrelat, das durch die reelle B-Häufung +  $\beta$ -Häufung gekennzeichnet ist. Während aber von vornherein zu einer B-Häufung eine  $\beta$ -Häufung gehört, gibt es  $\beta$ -Häufungen zunächst ohne jedes sichtbare Gefügekorrelat. Bisweilen ergibt dann eingehendere Korngefügeanalyse doch ein solches, so daß alle  $\beta$ -Häufungen als heuristisch wertvoll zu erheben und als Hinweise auf (mögliche) schiefe, nicht syntektonische (oder auch nur symmetriekonstante) Überprägungen eines Bereiches zu beachten sind. Fällt B-Häufung und  $\beta$ -Häufung nicht zusammen, so ist das der B-Häufung zugeordnete reelle Achsengefüge und das der  $\beta$ -Häufung zugeordnete sichtbare Flächengefüge nicht im selben symmetriekonstanten Formungsakte syntektonisch entstanden.

3. Man trägt in die Sammeldiagramme, wie seit je die reellen B-Achsen (symmetriologisch als Lineargefüge senkrecht auf die Symmetrieebene des Gefüges definiert) ein. Ihre Wahrnehmbarkeit ist bekanntlich auf Beobachtungen an Bereichen jeder Größe (Profil, Aufschluß, Handstück, Dünn-schliff, Röntgen) gegründet; im vorgelegten Falle waren sie fast an jedem Handstück schon ohne Behelfe zu sehen.

In die Sammeldiagramme wurde eingetragen: Als Punkte: s-Pole,  $\pi$ ,  $\beta$ , B; als Kreisbögen: s-Kreise; Großkreise mit s-Polen besetzt; Ebenen normal zu Häufungen von B und von  $\beta$ . Auch B und  $\beta$  können auf Großkreisen liegen, z. B. B oder  $\beta$  verschiedener Lage auf den s eines zerknitterten isoklinen Mantels. Solche Diagramme gestatten unvoreingenommen die Beziehung zwischen linearen und flächigen Parallelgefügen in einem beliebig durch Teilgefüge komplizierten Homogenbereich zunächst statistisch-tektonisch zu untersuchen, um dann auf Korngefügeanalysen überzugehen und die petrotektonische Synthese vorzubereiten. Dieser Gang ist auch in der vorliegenden Arbeit eingehalten.

An die bisher getroffenen Unterscheidungen kann man einige weitere Erörterungen und dann Beispiele hiezu anschließen.

Alles bisher Gesagte gilt für Diagramme, welche einem in bezug auf die eingezeichneten Daten homogenen Bereich entsprechen. Ja es wurde die Persistenz von Achsenhäufungen als eine Bedingung dafür erwähnt, daß man sich noch in dem in bezug auf die Achse der Häufung homogenen Bereich befindet. Ein Beweis dafür ist aber die Persistenz nicht und ein ohne feldgeologische Kontrolle des Besetzungsvorganges aufgenommenes Diagramm läßt (wie auch in analoger Weise für Kleinbereiche schon gezeigt wurde) nicht erkennen, ob es einen homogenen oder inhomogenen Bereich beschreibt. Das wichtigste Beispiel ist das folgende: Das Diagramm eines inhomogenen Bereiches, welches von einer einzigen krummschenkeligen Falte aus s erfüllt ist, zeigt bei Messung der s an einzelnen Stellen in diesem Bereiche ein Diagramm erfüllt mit Großkreisen und s-Flächenpolen auf einem Großkreis  $\perp$  zur Faltenachse (=  $\beta$ ). Diese eingemessenen s sind nichts anderes als die einzelnen Stellen der Falte. Als Tangentalebene der Falte haben sie alle eine gemeinsame Schnittgerade, nämlich die Faltenachse b. Ganz dasselbe Diagramm erhält man aber von einem Bereich, welcher von achsenparallelen kleineren Falten erfüllt ist, deren s gemessen werden (und gemeinsam  $\beta = b$  ergeben), oder von verschiedenen einander in einer Parallelschar von Schnittgeraden b schneidenden Parallelscharen von Scherflächen.

Das inhomogene Diagramm einer einzelnen Falte ist also von dem eines Falten- oder Scherflächenbündels nur bei feldgeologischer Beachtung des Besetzungsvorganges unterscheidbar, nicht aber als fertig vorliegendes Diagramm.

Das vom Feldgeologen herkömmlich gemessene Streichen von Flächen ergibt den Winkel des Streichens dieser beiden Flächen,  $\propto \rho$ . Größe von  $\rho$  und Streuung des Streichens mehrerer Flächen in einem Bereiche ist auf unserem Diagramme des Bereiches sichtbar, der Schwerpunkt des Streichens ist nach der Besetzungsdichte an der Peripherie des Diagramms auszählbar. Diese Auszählung und Darstellung kann mehr zur Kennzeichnung eines Bereiches beitragen und macht Bereiche jedenfalls miteinander genauer vergleichbar als üblich. Die Winkel, welche Flächen mit den Streichwinkeln  $\rho_1, \rho_2$  usw. miteinander einschließen, ihre Schnittgeraden  $\beta$  und die Streuung dieser Data sind damit nicht bestimmt. Man sieht, welches ausdrucksloses (übrigens oft überschätztes) Datum das Streichen und sein Wechsel für die genauere tektonische Analyse ist. Unbestimmt durch das Bild des Flächen-Streichens in einem Bereich ist also das Bild des  $\beta$ -Streichens, d. h. des Streichens der Vertikalebene, in welchen die Flächen-Schnittgeraden  $\beta$  liegen und das Bild des B-Streichens, welches als „Achsenstreichens“ sehr oft weit konstanter und genetisch ausdrucksvoller für ein Gebiet ist als das Flächenstreichens. Der Vergleich der Häufungsbilder für  $\beta$  und B und der Vergleich der Bilder für das Flächenstreichens, „ $\beta$ -Streichens“ und „B-Streichens“ ist ausdrucksvoll, wie nähere Erörterungen und Beispiele zeigen können. Namentlich der Vergleich der Häufungsbilder für  $\beta$ , B und  $\pi$  (s-Pole) ist bei der genaueren tektonischen Analyse eines Bereiches durchzuführen, wobei sich auch ergibt, in bezug auf welche jener Daten der Bereich homogen sein kann.

Die Dichte der Häufung von  $\beta$  ist ein Maß für die Tautozonalität im s-Flächengefüge. Während, wie schon bemerkt, das Aufeinanderfallen der Schwerpunkte für  $\beta$  und für B syntektonische Anlage des linearen (B)- und Flächengefüges bezeugt, weist das Auseinanderfallen von Häufungen für  $\beta$  und echtes B (mit Bewegung  $\perp$  B) darauf hin, daß die Flächentektonik nicht durch Bewegungen und Kräfte  $\perp$  B zustande kam.

Im Falle einer scharfen B-Häufung auf einer viel unschärferen  $\beta$ -Häufung ist erstere jünger; denn sie wäre durch eine  $\beta$  schaffende Verlagerung der s-Flächen ihres Charakters als schärferes Maximum beraubt und gestreut worden.

Je mehr die Häufung von B (mit seiner Bewegung  $\perp$  B) stärker gestreut ist als die  $\beta$ -Häufung, um so mehr bloße Schnittgerade ohne B-Charakter sind an der  $\beta$ -Häufung beteiligt. Es ist diesfalls die s-Flächentektonik umso vorwiegend durch Bewegungen schief zu den Schnittgeraden  $\beta$  erfolgt. Man könnte diesen für gezwungene Tektonik und nicht symmetriekonstante „schiefe“ Überprägung eines linearen Gefüges kennzeichnenden Zug, daß die Schnittgeraden  $\beta$  vorwiegend keine echten B-Achsen sind, Schein-B-Tektonik nennen. Er weist hin auf nachträgliche in der  $\beta$ -Phase erfolgte Verstellung und Streuung eines älteren B-Gefüges; was aber korngefügeanalytisch zu prüfen ist.

Eine scharfe s-Pol-Häufung neben unschärfer  $\beta$ -Häufung tritt auf bei flachem s mit linsigen Zerscherungen.



In dieser und ähnlicher Weise kann das Verhältnis der Häufungen  $B$  und  $\beta$  zueinander typisiert werden.

Bei einer durch solche Mittel weit genug getriebenen Kennzeichnung wird es möglich, verschieden alte an einem Gebirgsbau beteiligte Gesteine daraufhin zu untersuchen, ob sie alle nur dieselbe tektonische Prägung erfahren haben oder ob sich verschiedene Prägungen, *relikte* tektonische Prägungen älterer Zeiten überprägt durch die jüngste Tektonik dennoch ablesen lassen; ferner kann man einen deutlichen Hiatus zwischen der Tektonik eines transgredierten Untergrundes und der seines Deckgebirges weit klarer kennzeichnen; ferner kann man tektonische Einheiten, genauer gesagt tektonische Homogenbereiche verschiedener Prägung innerhalb eines in erster Annäherung noch als tektonische Einheit in ein allzurohes Bewegungsbild eingesetzten Bereiches unterscheiden, wie dies innerhalb des Quarzphyllites am Brenner von Herrn F. FUCHS 1939 durchgeführt wurde; endlich ist eine genaue tektonische Analyse mit den hier vorgeschlagenen Mitteln und im Zusammenhange mit Korngefügeanalysen, also eine moderne gefügekundliche Analyse im Bereiche nutzbarer Lagerstätten bei guter Handhabung älteren Verfahren unbedingt überlegen.

Die Darstellung rein geometrischer Zusammenhänge zwischen gestreuten Lagen von Ebenenscharen und Geradenscharen auf der Lagenkugel ist Aufgabe der Geometrie. Eine gewisse Einsicht ist hierin nötig, um die Unzufälligkeit mancher Anordnungen zu beurteilen. Es ist z. B. eine unzufällige unter besonderen Bedingungen erzeugte Anordnung, wenn die Schnittgeraden ( $\beta$ ) der Diametralebenen  $E$  einer Kugel auf einem Großkreis  $K$  liegen. Z. B. diese Schnittgeraden sind  $B$ -Achsen und es ist die erzeugende Kraft dieser Anordnung ihrer Richtung nach immer ein Radius von  $K$  gewesen in Tangentialscheiben der Erdschale mit wechselnder Richtung und horizontalem  $K$  im Falle ungezwungener tangentialer Transporte. Im Falle enger tangentialer Umschließung eines Bereiches ergibt sich ebenso unzufällig zuordenbar steilachsige Tektonik dieses Bereiches mit steilen  $B$  und  $\beta$ ; zwischen beiden Grenzfällen ergeben sich flache und steile  $B$ -Achsen im selben Bereich von Raum und Zeit.

Es besteht auch z. B. die Möglichkeit der Zuordnung steilerer Achsen an tiefere Stockwerke desselben Erdradius.

Daß dagegen der Pol jenes Großkreises  $K$  zusammenfällt mit der Polhäufung der die  $B$  erzeugenden Diametralebenen  $D$ , ist weiter nichts als geometrisch nötig, falls den  $D$  keine Lagebestimmung zukommt, als daß sie sich in den Radien von  $K$  schneiden; denn beschreibt ein  $\beta$  um welches  $s$  rotiert den Kreis  $K$ , z. B. als Äquator einer Kugel, so liegen die  $s$ -Pole auf den Meridianen und also in deren Schnittpunkt, dem Lote  $L$  auf  $K$  gehäuft; beliebige andere Gerade auf den  $s$ -Lagen fallen umso genauer auf  $K$  je näher der  $s$ -Pol an  $L$  liegt.

### **Begriff und Ausgestaltung der $B$ -Achsen**

Da die  $B$ -Achse vor allem symmetrologisch definiert ist als ein Lot auf die Symmetrieebene des Gefüges, der Teilbewegungen  $\perp B$  und der prägenden Kräfte, werden von solchen  $B$ -Achsen jene bisweilen  $B$ -Achsen sehr ähnlichen Schnittgeraden („Schein- $B$ -Achsen“) unterschieden, welche nicht jener Definition entsprechen. Hierher gehören manche lineare

Spuren auf s-Flächen, welche bei jeder Kreuzung nichtparalleler s-Flächen entstehen, ohne daß die größten Relativverschiebungen senkrecht auf solchen linearen Spuren stehen. Von den rein konstruktiv erhaltenen  $\beta$ -Achsen (Schnittgeraden von s) gehören manche hierher. Aber die Erfahrung ergibt, daß die  $\beta$ -Achsen-Häufungen mit echten B-Achsen des betrachteten Gebietes sehr oft zusammenfallen. In dieser Erfahrung kommt es zu Worte, daß mehrscharige symmetriekonstante Scherungen mit Teilbewegungen  $\perp$  B in Tektoniten viel häufiger sind als solche mit Teilbewegungen schief zur Schnittgeraden der Scherflächen. Wie dies ja der Typisierung der Gefüge und der tektonischen Bewegungsbilder in der Gefügekunde zugrunde gelegt wurde und hier vorausgesetzt ist. Auch solche Häufungen von  $\beta$ -Achsen, welchen im Handstück kein sichtbares B entspricht, können noch immer in das monokline Bewegungsbild eines größeren Bereiches fallen, Faltungs- oder Scherungs-B sein, welche erst in größeren Bereichen als im Handstück erscheinen (z. B. die Achse einer Biegefallte von  $10 \times 10$  m ist im Handstücke nicht sichtbar).

Solche  $\beta$ -Häufungen sind diesfalls tektonische Züge eines Bewegungsbildes größerer Elemente, Zeugen einer tektonischen Durchbewegung, welche nicht mit Teilbewegungen im Handstückbereich oder in kleineren Bereichen verlief. Durch Gegenüberstellung der  $\beta$ -Häufungen und der B-Häufungen läßt sich also die raumstetigere Deformation mit kleineren Elementen der Teilbewegung von der weniger raumstetigen (kontinuierlichen) mit größeren bewegten Teilen in manchen Gebieten auseinander halten (vgl. Tarntaler Gebiet). Man entgeht unschärferen Behauptungen über den Baustil mancher mehrfach deformierter Gebiete, welche nach dem einen Geologen mehr „Kalkalpentektonik“, nach anderen mehr „fließende Tektonik“ zeigen (z. B. Tarntaler Kögel).

Bisweilen ergeben sich schon im Handstück lineare Gefüge auf s, welche keine B-Achsen sind. Als Beispiel dient Na-Hornblendeschiefer von der Basis des Reckner Serpentins; ein horizontales  $s_1$  wird geschnitten von  $s_2$  und von  $s_3$  und trägt zwei echte gekreuzte B-Achsen  $B_1$  ( $s_1 \wedge s_2$ ) und  $B_2$  ( $s_1 \wedge s_3$ ).  $B_1$  läßt als zugeordnete Verschiebung erkennen: Höheres gegen N;  $B_2$ : Höheres gegen SW. Die Schnittgerade  $s_2 \wedge s_3$  fällt nicht auf  $s_1$  und ist keine B-Achse. Die typische Symmetrie natürlicher tektonischer Deformationsakte, wie sie in der Gefügekunde dargestellt wurde, finden wir also belegt: Durch das Vorwalten von Scherflächen mit gemeinsamer Schnittgeraden  $B_1$  (fast immer ein echtes B); dadurch, daß es meist eine dieser tautozonalen s-Flächen ist, welche ein neues B, und zwar ganz vorwiegend „ $B_2 \perp B_1$ “ trägt, während der Typus „ $B_2$  schief  $B_1$ “, die schiefe Überprägung von B-Achsen selbst in Gebieten mit gezwungener Tektonik (SANDER 1930) zurücktritt; dadurch, daß die meisten  $\beta$ -Häufungen auch B-Häufungen sind: Fast alle s-Flächen liefernden Zerschörungen sind diesfalls nach dem Typus eines B-Tektonits von monokliner Symmetrie (oft externrotationell) oder von rhombischer Symmetrie (oft internrotationell) erfolgt.

Außer seltener schiefer, nicht symmetriekonstanter Überprägung spielen am Tauernwestende monokline Tektonite mit triklinen Zügen eine Rolle. Insbesondere ergeben sich schon feldgeologisch und im Handstück Abweichungen vom streng monoklinsymmetrischen B-Tektonit im Gebiete mit nicht horizontalen B-Achsen dadurch, daß die „B-Klüfte“ (Gürtel-

klüfte; ac-Klüfte) nicht genau  $\perp$  B stehen oder dadurch, daß (Okk)-Klüfte nicht beiderseits gleichartig symmetrisch zur Ebene  $\perp$  B oder nur einerseits gebildet wurden.

Ein gutes feldgeologisches Beispiel geben die mächtigen stengelig mit  $20^\circ$  West einfallenden B-Achsen der Stafflacher Wand des Kalkphyllonits über St. Jodok am Brenner. Der visierend gemessene Überblick dieser Wände vom gegenüberliegenden Talhang ergibt eine wenig ausgesprochene Schar von Klüften  $\perp$  B, ferner eine stark vorherrschende Schar, welche mit B  $80^\circ$  bildet und mit  $80^\circ$  E fällt, ferner vertikale Klüfte, welche mit B  $70^\circ$  bilden. Das ergibt folgende Asymmetrie: Auf B senkrechte, also  $70^\circ$  E fallende Klüfte sind über die stärkst bevorzugte Stellung „ $80^\circ$  mit B“ bis in vertikale Stellung ( $70^\circ$  mit B) gedreht. 9 Messungen am Anstehenden der Wand ergeben bestätigend, daß die Pole der Klüfte eng um die Lage von  $B_1$  (N  $80^\circ$  W,  $20^\circ$  W) gestreut sind, wobei auch Klüfte mit bis  $40^\circ$  E Fallen und vertikale Klüfte auftreten. Die genaue Einmessung an Handstücken ergab zwei Lagen für B:  $B_1$  als feine Fältelung N  $70^\circ$  —  $80^\circ$  W  $35^\circ$  W und  $B_2$  (als gröbere Wellung, jünger als  $B_1$ ) N  $70^\circ$  E  $18^\circ$  W, auch  $\beta$  nach West einfallend. Die Hauptschar der Querklüfte gehört zu  $B_1$ .

Während am Beispiele der Stafflacherwand die Asymmetrie an einfallenden B-Achsen durch einseitige Streuung der Klüfte quer B hervortritt, zeigen in anderen Fällen, z. B. die Felskulissen zwischen Grauer Wand und Hennensteige gesehen vom Torjoch (Hinteres Lizumtal) ebenfalls mit  $20^\circ$  westfallenden B-Achsen genau senkrecht und symmetrisch zu B stehende Gürtelklüfte.

Die Aufprägung von B-Achsen kann erfolgt sein, während die Anordnung der stofflich verschiedenen Teile des Profiles, die Stofftektonik, zustande kam. Es fallen diesfalls stofflich (chemisch-mineralogisch) unterscheidbare geologische Körper von allgemeinzyklindrischer Gestalt (z. B. Stengel, Nudeln, Walzen) mit B zusammen: Stoffkonkordante B-Achsen. Solche Elemente kennzeichnen z. B. meßbar nach Meterhundertern bis Millimeter das Tauernwestende. Solche stoffkonkordante B-Achsen sind paratektonisch zur Stofftektonik des betrachteten Bereiches. Es sind das die vom Tektoniker am leichtesten erfaßbaren und am frühesten erfaßten B-achsialen Baue.

Im zweiten Falle erfolgt die Prägung der B-Achsen vortektonisch oder nachtektonisch zur Stofftektonik und es kommt letzterenfalls zur Bildung stoffdiskordanter B-Achsen in jenen Fällen, in welchen die stoffliche Grenzfläche, z. B. ein sedimentäres s, nicht als Scherfläche oder Biegegleitfläche an der Bildung von B beteiligt ist und B nicht auf dieser Grenzfläche liegt. Da solche auf eine vorhandene Tektonik überprägte B-Achsen ebenfalls eine Rolle in einem Beanspruchungsplan oder Bewegungsbild einer tektonischen Phase spielen, so ist weder ihre Analyse noch ihre Beziehung zur Regelung und Kristallisation des Korngefüges zu vernachlässigen.

Schon aus dem Bisherigen ergibt sich, daß zwei B-Achsen ( $B_1$  und  $B_2$ ) desselben Bereiches in bezug auf bestimmte geologisch wahrnehmbare Zeitspannen gleichzeitig oder ungleichzeitig sein können; d. h. die Bildung von  $B_1$  und  $B_2$  erfolgte in derselben geologisch eben noch unterscheidbaren.

Zeitspanne oder überlagert sich noch in dieser (ganze und teilweise Gleichzeitigkeit) oder die Bildung von  $B_1$  und  $B_2$  erfolgt in zwei verschiedenen dieser voneinander geologisch unterscheidbaren Zeitspannen (Ungleichzeitigkeit).

Zwei Fälle bestimmbarer Zeitbeziehungen zwischen B-Achsen haben sich als besonders verbreitet erwiesen. Der erste betrifft ein  $B_2$  als Faltenachse einer Falte, auf deren Schenkeln  $B_1$  erscheint. Der zweite Fall betrifft sich kreuzende B-Achsen auf derselben s-Fläche.

1. a) Auf der Falte zur Achse  $B_2$  liegt  $B_1$  derart, daß keine Ebene durch  $B_1$  gelegt werden kann;  $B_1$  älter als  $B_2$ ; da für derartige  $B_1$  (z. B. Teil einer Schraubenlinie auf  $B_2$ ) keine erzeugenden Pläne mit Symmetrieebene  $\perp B_1$  bekannt sind, ist  $B_1$  nicht durch Scherung der Falte vertauschbar.

b)  $B_1$  liegt in einer Ebene und steht  $\perp B_2$ ;  $B_1$  älter als  $B_2$ ; Grund wie für a).

c)  $B_1$  liegt in einer Ebene E und steht nicht  $\perp B_2$ ;  $B_1$  ist jünger als  $B_2$ ; denn die Schnittlinie von E mit  $B_2$  (Falte) ist bei Ebnung von  $B_2$  nur dann eine Gerade (Fall b) wenn  $E \perp B_2$ . Z. B.  $B_1$  entsteht auf den Schenkeln einer Falte  $F_1$ , wenn sich der Raum zwischen den Schenkeln, der auf  $F_1$  reitenden Falte  $F_2$  im Streichen von  $B_2$  konvergierend vergrößert, oder anders gesagt, wenn sich  $F_2$  als Reiter auf  $F_1$  durch Schenkeldruck immer stärker im Sattel hebt, so daß die Zunahme dieser Hebung im Streichen von  $B_2$  erfolgt. Die Schenkel von  $F_2$  übergleiten diesfalls die Schenkel von  $F_1$  (nicht  $\perp B_2$ ) derart, daß  $B_1$  entstehen kann.

In allen diesen Fällen ist vorausgesetzt, daß B eine echte nachgewiesene B-Achse ist, nicht etwa wie es im Falle b) und c) möglich wäre, der Schnitt einer Scherfläche mit  $F_1$ , welche auf den Schenkeln von  $F_1$  Schnittgerade ohne B-Achsen-Charakter erzeugen kann.

Außer mit visierender Betrachtung kann man bei nicht allzu kleinen Falten ( $B_2$ ) auch so vorgehen, daß man  $B_2$  mit anliegendem Papier umhüllt und in dieser Lage  $B_1$  auf das Papier abbildet (Überstreichen mit weichem Bleistift). Nach Ebnung des Papiere bildet  $B_1$  auf demselben entweder eine gerade oder eine krumme Linie. Im letzteren Fall ist  $B_1$  jünger als  $B_2$  (z. B. Fall  $B_1$  c s. o.). Im ersten Fall ist  $B_1$  älter als  $B_2$  (z. B. Fall  $B_1$  b s. o.); denn ein nach Ebnung von  $B_2$  geradliniges  $B_1$  könnte nur durch Gleiten von  $B_2$ -Röhren ineinander //  $B_2$  entstehen und dieser Fall spielt tektonisch nur in seltenen Sonderfällen (vgl. Fließen von Schmelze in eigener Röhre) eine Rolle.

2. Im zweiten Falle genügt öfters die Untersuchung der sich auf s kreuzenden B-Achsen mit der Auflicht-Lupe, um zu entscheiden, welche B-Achse an den Kreuzungsstellen die andere deformiert oder verwischt und also jünger ist. Es gelangten aber gelegentlich Fälle zur Beobachtung, in welchen sich dieses Verhältnis schon im Handstückbereich umkehrt, so daß die Beanspruchung zu  $B_1$  und die zu  $B_2$  wiederholt zu Worte kam und sich die Bildung beider Achsen zeitlich überlagert. Ferner gibt es Fälle, in welchen es nicht gelingt festzustellen, welche Achse die andere nachträglich und nicht nur schon durch ihr Vorhandensein auf s deformiert hat.

Sehr wertvoll ist es für die tektonische Analyse, wenn, wie z. B. im Bereiche des Sillesschartels am Tauernwestende, die Handstückuntersuchung ergibt, daß homogen über einen Bereich die eine Achse  $B_1$  (WNW) älter ist als die andere  $B_2$  (WSW). Es erscheint dann die Ebene, in welcher die B prägenden Kräfte lagen, gegen den Uhrzeigersinn gedreht.

Im tektonischen Bewegungsbilde kann dies grundsätzlich auf zweifache Weise zustande kommen: 1. Der Bereich lag still; die Außenkraft verlagerte sich (gegen den Uhrzeigersinn). 2. Die Außenkraft behielt ihre Richtung; der Bereich verlagerte sich (mit dem Uhrzeigersinn).

Letzteres würde im Beispiele vom Tauernwestende einer Schwenkung entsprechen, welche in einem am Westende der Tauerngranite gegen N vorbeigleitenden Bereiche derart ausgeführt wird, daß am Granitende die Hemmung für den Transport und die Achse jener Schwenkung liegt.

Daß eine anderweitige Abbildung einer Verlagerung der Außenkraft nicht bekannt und die Erscheinung in der Hülle des Granitendes lokalisiert ist, spricht für die Möglichkeit 2, welche sich durch Korngefügeanalysen weiter prüfen läßt.

Ein zweites Beispiel ergibt sich übereinstimmend im Gebiete der Landshuterhütte unmittelbar an der Kontaktstelle der Schieferhülle mit grobem Augengneis der Tauern.

Die Daten sind: s N 15 E 35 W;  $B_1$  (Feinfältelung) N 75 W 34 W;  $B_2$  (gröbere Fältelung) N 60 E 26 W;  $B_1$  älter als  $B_2$ . An der Probestelle hat also eine relative Verdrehung von  $40^\circ$  zwischen Gestein und Richtung der fältelnden Kraft stattgefunden. Entweder hat letztere ihre Richtung aus NNE in NNW geändert oder es ereignete sich folgendes: Die fältelnde Kraft blieb immer NNW gerichtet; zuerst wurde  $B_1$  aufgeprägt, und zwar als  $B_1$  mit Richtung ENE; dann wurde der Bereich zusamt dieser aufgeprägten Achse  $B_1$  verschwenkt mit stärker vorgehendem Westflügel, bis die Achse  $B_1$  in ihre heutige Lage N 75 W geriet; dann wurde eine neue B-Achse, die Achse  $B_2$  (N 60 E) von der fallenden Kraft aus Richtung NNW geprägt. Dies entspricht einem Vorüberwandern der Bereiche am Westende der Tauerngneise, also auch der Ötztal-Stubai-Masse nach N, während die Tauerngneise zurückbleiben.

Beide Beispiele sind hier angeführt, um anschaulich zu zeigen, wie weit man mit der genaueren feldgeologischen tektonischen Analyse einzelner Homogenbereiche kommen kann. Zur vollen Entscheidung zwischen den durch die Analyse festgestellten Möglichkeiten bedarf es der Untersuchung des Korngefüges und der Tektonik des inhomogenen Großbereiches.

Einer Erwähnung bedarf noch folgender Fall:

Auf den Schenkeln ( $Sch_1$  und  $Sch_2$ ) einer Falte  $B_2$  befinden sich je zwei Lineargefüge nämlich  $B_2$  selbst und damit gekreuzt  $B_1$ . Dieses  $B_1$  sei dadurch entstanden, daß sich eine  $B_2$ -Falte auf der anderen  $B_2$ -Falte reitend unter Schenkeldruck aus dem Sattel hob, und zwar mit zunehmendem Betrage z. B. im Sinne des Einfallens von  $B_2$ . In diesem Falle ist auf dem einen Schenkel ( $Sch_1$ )  $B_1$  gegenüber  $B_2$ , also das jüngere B gegenüber dem älteren, im Sinne des Uhrzeigers verdreht, auf dem anderen Schenkel  $Sch_2$  im Gegensinne. Dieser Befund ist auch in schlecht erschlossenem Gebiete dem Bewegungsbild zuordenbar.

### Bestimmung des Relativsinnes der Teilbewegungen $\perp$ B

Die Bestimmung des Relativsinnes der Teilbewegungen  $\perp$  B, also an den B-Achsen dient in freien Transporten der Feststellung der Transportrichtung, in eingeeengten Bereichen „zwischen starrerem Backen“ eben der Feststellung, daß ein freies einsinniges Fließen fehlt; also der Untersuchung, ob im letzten tektonischen Akte freies Fließen oder Bewegung zwischen starrerem Backen vorliegt, welchen beiden Bewegungsbildern, ganz besonders aber — entgegen einem verbreiteten Vorurteile — dem zweitgenannten die Bildung von B-Achsen zugeordnet ist. Endlich dient eine derartige Untersuchung der B-Achsen der Ablesung der Beanspruchung in Bereichen, deren Gepräge gelegentlich der Abbremsung eines transportierten Bereiches an einem relativ starren Hindernis zustande kam, sehr oft, im Gegensatz zur Umformung zwischen bewegten Backen, ganz ohne Bewegung // B.

Es sind zweierlei Untersuchungen, welche man in diesem Zusammenhange an den B-Achsen selbst vorzunehmen hat, je nachdem B mehr als Faltungsachse oder mehr als Scherungsachse (Schnittgerade von Scherflächen) ausgebildet, bzw. besser analysierbar ist.

1. B als Fältelungsachse liegend auf einem ausgesprochenen Scherungs-s ergibt sehr oft (nach hier zu erörternden Kriterien) den Relativsinn der Verschiebung in s. Das ist eben in diesen Fällen eines ausgesprochenen Scherungs-s der tektonische Sinn des Transportes, zunächst im betrachteten Kleinbereich.

2. B ist Scherungsachse, also Schnittgerade zweier annähernd gleichwertiger Scherflächen. Es handelt sich also um eine wenigstens zweisecharige Zerschering, wie sie an sich einer Pressung (plättenden Pressung mit Internrotation der Scherflächen oder externrotationeller Pressung zwischen bewegten Backen u. a. m.) entspricht.

Beispiele für die Analyse der Relativsinn der Bewegung bei solchen Scherungs-B-Achsen sind von mir in einer Arbeit über Tonschiefer (1934 a) und anschließend daran von INGERSON an einem kristallinen Schiefer aus dem Innsbrucker Institut (1936) veröffentlicht. Weitere Beispiele sollen hier veröffentlicht werden.

Es ist heute weitgehend möglich, den Relativsinn der tektonischen Bewegung durch genaue Analyse der B-Achsen festzustellen. Dies ist sehr oft (auch an Graniten!) fruchtbarer als wenn an steilen B-Achsen nur die Bewegung // B gesehen wird, an flachen nur die Bewegung  $\perp$  B und übersehen wird, daß die gefügekundliche Gleichwertigkeit beider B-Achsen ja schon lange in der Gefügekunde betont und einer wirklichen tektonischen Analyse dienstbar gemacht ist.

Eine für kleinere Bereiche vorhandene Ablesbarkeit des Relativsinnes der Teilbewegung  $\perp$  B ist auf größere Bereiche nur übertragbar, wenn deren Homogenität in bezug auf jenen Relativsinn durch entsprechend verteilte ohne Auslese gewählte Probestellen erwiesen ist. Dies ist nach der vorliegenden Erfahrung besonders für umgefaltete Phyllonite mit linsigen und stengeligen Starrheitsinhomogenitäten zu beachten. Durch solche Inhomogenitäten kommt es zu Externrotationen und im Wirkungsbereich der Inhomogenität auch bis zur Umkehrung des Relativsinnes der Teilbewegung (z. B. „Höheres gegen N“ neben „Höheres gegen S“) schon

im cm- oder dm-Bereiche. Wir begegnen dann eben auch schon im Kleinbereiche den Fall, daß nur die Richtung von B konstant bleibt, während Faltung und Fältelung jede hiemit vereinbare Gestalt, Lage und Relativbewegung  $\perp$  B zeigen, ein für manche Bereiche typisches Verhalten, das man als richtungwechselnde kurz als polytrope Faltung (gegenüber monotrop) bezeichnen kann. Falten ohne bestimmten Relativsinn der Teilbewegung  $\perp$  B im Bereiche der Faltung und polytrop gefaltete deutliche Rotationstektonite finden sich im Quarzphyllonit der Tuxer Vor-alpen. Beispiele für Unbestimmbarkeit des Relativsinnes der Bewegung in größeren Bereichen aus dm- und m-Bereichen mit Scher- und Biege-falten im Bereiche inhomogener Faltenstengel und -knäuel fanden sich im Kalkphyllonit der Schieferhülle bei Lanersbach.

Inhomogene Biegefalten zeigen unselten ein Beispiel dafür, daß der Relativsinn der Teilbewegung innerhalb der Falte wechselt, also aus dem Bereiche der Einzelfalte nicht für größere Bereiche ablesbar ist. In SANDER 1930, Abb. 122, 123, 145, 146 sind Beispiele gegeben für die Abhängigkeit des Relativsinnes der Teilbewegung von der Festigkeitsinhomogenität der Falte und für die Umkehrung dieses Relativsinnes, welcher sich demnach nicht aus den Kleinbereichen auf größere Bereiche extrapolieren läßt; der Versuch hiezu von den in Abb. 145, 146 bezeichneten Kleinbereichen, bzw. deren Dünnschliffen aus würde sofort in Widersprüche führen. Ein weiteres Beispiel bieten die Kieselschiefer der Lizum: Kieselschichtreiche Lagen bilden Biegefalten; an den Schenkelinnenseiten liegen Fältelungen mit ablesbarem Sinne der Teilbewegung gemäß einer die Biegefalte teilenden Symmetrieebene spiegelbildlich zueinander, also mit verschiedenem Sinne der Teilbewegung.

Den  $\perp$  B angeschnittenen natürlichen Wandaufschlüssen von einigen m<sup>2</sup> Bereichsgröße gegenüber, welche Faltungen von dm- bis cm-Bereich zeigten, haben sich im Gebiete der Quarz- und der Kalkphyllonite des Tauernwestendes folgende Fälle immer wieder unterscheiden und damit typisieren lassen:

1. Die Relativbewegungen an den Kleinfalten wechseln, gleichviel, ob man diese als Scherfalten, Biegefalten oder zusammengesetzte Biege-Scherfalten deutet; es ergibt sich diesfalls ohne weitere Untersuchung schon feldgeologisch polytrope Faltung im betrachteten m<sup>2</sup>-Großbereiche; mithin daß er durch Einspannung zwischen starrere Backen mit Rotationen der Kleinbereiche geformt und nicht homogen an einer laminaren tektonischen Strömung beteiligt ist. Der m<sup>2</sup>-Bereich ist nur hinsichtlich B homogen, hinsichtlich der Kleinfalten inhomogen.

2. Die Falten innerhalb des m<sup>2</sup>-Bereiches haben nicht nur die Symmetrieebene  $\perp$  B, sondern auch eine Symmetrieebene // B „Sy“ zwischen den Schenkeln untereinander parallel. Derartige genau symmetrische Falten sind Biegefalten. Für den Bereich der Kleinfalten und für den Großbereich ist diesfalls Einengung (Pressung)  $\perp$  Sy die ablesbare Bewegung gleichviel ob der Großbereich selbst eine Symmetrieebene // Sy besitzt oder nicht.

Eine so hohe Symmetrie ist an Kleinfalten und an Großbereichen tatsächlich selten, bzw. selten erhalten, wie sich schon wegen der meist unsymmetrischen Gelegenheit zum Ausweichen für den geklemmten Bereich erwarten läßt.

Man begegnet weit häufiger den folgenden Fall:

3. Die Teilfalten des Großbereiches haben selbst keine Symmetrieebene  $\parallel B$ . Sie sind nicht voneinander verschieden orientiert wie im Falle 1., sondern untereinander gleich orientiert. In diesem Falle ist wie im Fall 2 die an der einzelnen Teilfalte ablesbare Teilbewegung zu der einer gleichsinnigen Relativbewegung des Großbereiches summierbar. Deshalb und wegen der weiten Verbreitung von Fall 3 ist die Ableitung des Sinnes der Relativbewegung  $\perp B$  an der einzelnen Teilfalte von besonderer Wichtigkeit. Derartige Faltenanordnungen untereinander mit  $B$  gleichgerichteter Falten ohne Symmetrieebene  $\parallel B$ , über den Großbereich homogen oder inhomogen verteilt haben verschiedene Benennungen erhalten, welche nichts von den kennzeichnenden Merkmalen enthalten, wie z. B. Microcleavage, wobei weder die Kleinheit irgend wesentlich ist noch irgendein  $s$  quer zu einem Ausgangs- $s$  zu stehen braucht. Man kann, wie ich 1911 vorgeschlagen habe, diesen Fall als Umfaltung bezeichnen, noch deutlicher als monokline isokline kurz monisokline Umfaltung bis -fältelung.

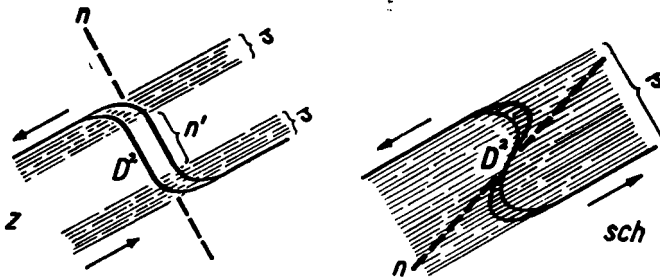


Abb. 1.

Es ist keineswegs immer einfach, den Relativsinn der Teilbewegung  $\perp B$  an der Einzelfalte abzulesen, schon weil sich praktisch sehr oft Biegleitung und ebene Scherung im Bewegungsbild der Falte überlagern.

Um zu erörtern, ob ein gegebener Endzustand für die Ableitung der Relativbewegung eindeutig oder mehrdeutig ist, muß man zunächst ausdrücklich unterscheiden, ob die Falte, von welcher man spricht, einem lateinischen  $S$  gleicht „S-Falte“ oder dessen Spiegelbild „Spiegel-S-Falte“. Es genügt die Betrachtung der S-Falte für die Übersicht aller überhaupt möglichen Fälle; denn sobald die S-Falte mit allen Möglichkeiten der Relativbewegung gezeichnet ist, so erhalten wir alle noch überdies vorhandenen Möglichkeiten durch das Spiegelbild der S-Falte und ihrer Relativbewegungen. Außer dieser für die geometrische Eindeutigkeit der Erörterung nötigen Unterscheidung ist eine zweite unerläßlich, welche die Anordnung der gleitenden Art der Teilbewegung betrifft, durch welche das  $S$  oder Spiegel-S entstanden ist. Eine gegebene solche Faltenform (vgl. Abb. 1) kann entstanden sein:

1. Indem bei Relativbewegung im Sinn der Pfeile eine Zergleitung des Bereiches für Ausgangslage  $n$  längs der  $s$ -Flächen erfolgt. Dabei bleibt  $n$  in seiner Anfangslage unzerschert ( $n'$ ) erhalten und wird in  $s$  ausgekilt



bis zerrissen. Dies ist das Merkmal, welches diesen Fall und seine Relativbewegung oft eindeutig erkennen läßt. Der Fall wird hier der Kürze halber als *Zwischenfalte* bezeichnet (Abb. 1, z). Solche rhythmisch wiederholte Schleppungen habe ich auch 1934a beschrieben.

2. Indem eine ebene Scherung schief zur Anfangslage *n* erfolgt, sch in Abb. 1 und dabei *n* überall durchscherend eine SCHMIDT'sche Gleitbrettfalte bildet (sch). Die Scherfalten *z* und *sch* haben gleichen Relativsinn der Bewegung in *s* (und  $\perp$  B). Dieser Sinn ist bei *z* eindeutig ablesbar, bei *sch* nicht immer (s. unten).

Es ist also vor allem zu unterscheiden, ob es Zwischenfalten oder Gleitbrettfalten sind, welche den betrachteten in *s* zerscherten Bereich erfüllen.

Wie die Abbildungen zeigen, ist das einzelne Scharnier in beiden Fällen unsymmetrisch und kann in *D* eine Digyre liegen.

Außer der Unterscheidung dieser zwei Fälle ist es nötig, zu beachten, daß auch „Einschlußwirbel“ *S* und Spiegel-*S* Zeichnungen liefern. Die Verwechslung solcher Zeichnungen mit *S*-Falten ist nach den Erfahrungen an Phylliten durchaus möglich, wenn Tonschiefer von Holoblasten nachträglich durchwachsen werden. Zum Beispiel werden bei der in SANDER 1914 beschriebenen Albitisation<sup>1)</sup> gefaltete Tonschiefer von derartigen Holoblasten imprägniert und belegen es, daß keineswegs jede *S*-förmige Zeichnung im Intergefüge lokalisierter Holoblasten ein Einschlußwirbel ist. Echte „Einschlußwirbel“ einerseits und *S*-Falten (*z* oder *sch*) andererseits ergeben verschiedenen Sinn der Relativbewegung und ihre Verwechslung hat in dieser Hinsicht Folgen.

Endlich ist zu beachten, daß die in der Abb. 1 mit *z* und *sch* bezeichneten Falten nicht reine Scherfalten sein müssen, sondern auch Biegescherfalten (SANDER 1934b) sein können, was an dem Sinne der Relativbewegung nichts ändert.

Die Bedeutung im Bewegungsbild des größeren Bereiches ist für „Falten“bilder zunächst allgemein eine doppelte: Tektonisch freies einschariges Abfließen mit Haupt-Scherflächen vom Abstand der Pfeile in der Zeichnung und vom Bewegungssinn der einzelnen Kleinfältchen; oder aber der von Falten erfüllte Bereich bedeutet tektonisch Stauung, Bremsung, Rückfältelung an einem relativstarrten Hindernis. Diese Rolle der Faltung wurde ohne Beachtung der Teilbewegungen für *z* und *sch* von OHNESORGE schon erkannt und seine Bezeichnung als Schoppfalte ist in entsprechenden Zusammenhängen zutreffend.

Aus den Phylloniten läßt sich manches beitragen zu der noch nicht systematisch durchgearbeiteten Frage, welche Gefüge für freies Fließen ungezwungener Tektonik und welche Gefüge für Deformation zwischen Starrbereichen, also für gezwungene Tektonik bezeichnend sind. Grundlagen für diese Unterscheidung sind in der Gefügekunde vielfach bereits gegeben: Stark einscharige Scherung weist auf ungezwungene laminare Transporte, mehrscharige Scherung mit rhombischer Symmetrie auf gezwungene Prägung, ebenso Plättung oder stabile Kataklyse (SANDER 1912) im Korngefüge gegenüber der mobilen. Gerade bei den Phylloniten läßt es

<sup>1)</sup> Unter diesen sehr einschlußreichen Kristallen habe ich später durch Achsenwinkel (U-Tisch) Cordierit bestimmt.

sich öfters erweisen, daß es Vorgänge der Hemmung und Bremsung im Bewegungsbilde sind, welche das Gefüge am stärksten prägen. Bei dieser Bremsung wird die Energie des Transportes Kleingefüge bildend z. B. in Stauchfältelung angelegt oder es lassen sich die Pressungsrichtungen zu mehrschariger Scherung ablesen. So sind manche jener Fälle zu deuten, welche im Gefüge nicht freies (laminares oder wirbelndes) Fließen des Großbereiches, sondern Stauung ablesen lassen: Keine einheitliche über größere Bereiche einheitlich summierbare Relativbewegung, sondern Prägung bei gezwungener Tektonik (SANDER 1930), wie sie auch ohne größere Transporte bei Durchbewegung „zwischen bewegten Backen“ (vgl. SANDER 1916) vorkommt.

Für die nun folgenden Betrachtungen über die Schoppfaltung und ihre Deutbarkeit ist vorweg zu bemerken, daß es keine Rolle spielt, ob eine reine Scherfalte oder eine Biege-Scher-Falte vorliegt, welche letztere man sich am besten in Erinnerung ruft, wenn man (vgl. SANDER 1934 b) statt der in der Scherfalte gekrümmten bloßen Vorzeichnung eine reelle Haut (z. B. die Glimmerhaut eines Phyllonits) denkt, welche bei entsprechender Scherung ganz wie die bloße Vorzeichnung gekrümmt wird. Statt der Haut kann man auch eine dickere mechanisch heterogene Lage einsetzen, zu welcher entsprechend schief geschert wird.

Zunächst wird Fühlung mit den durch Abb. 13—25 in SANDER 1930 in Übersicht gebrachten Fällen der linearen und nicht linearen Zergleitung von Vorzeichnungen vorausgesetzt. Aus dieser Darstellung (s. besonders 1930, Abb. 17) ergibt sich, daß eine spitze Scherfalte (deren Schenkel einen Winkel  $< 90^\circ$  einschließen) aus einer Ebene E nur erzeugbar ist durch Scherung s unter schiefem Winkel  $s \wedge E$ , derart, daß die zunehmenden Relativverschiebungen zwischen den s-Flächen die Ebene E spitzwinkelig umlegen. Kennt man die Ausgangslage E und die Scherflächenlage s, so gibt es nur einen einzigen leicht ablesbaren Sinn der Relativverschiebung, nach welchem die Spitzfalte erzeugbar ist. Dieser Sinn ist also ablesbar, wenn man die Ausgangslage E kennt oder erschließen kann, welcher der Fallenschenkel der durch Scherung umgelegte ist, was sich sehr oft aus dem Korngefüge ergibt. Ist dies nicht bekannt, so ist der Sinn der Relativbewegung nicht eindeutig ablesbar, wie schon ein Vergleich der Fälle b und d in Abb. 2 (Ausgangslage punktiert) ergibt. Liegt also eine einfache Verkrümmung vor wie in Abb. 2 b und d, so ist der Sinn der Relativbewegung nur dann bestimmbar, wenn sich die Ausgangslage b oder d erschließen läßt wie z. B. in Phylloniten die Ausgangslage von Fall d, also mit sehr kleinem Winkel  $E \wedge s$  vorherrscht. Auch die Richtung, in welcher quer zu s die Zunahme der Relativverschiebungsbeträge erfolgt, ist in Abb. 2 b und d nicht unmittelbar, sondern nur aus Ausgangslage oder Gefüge ablesbar. Nun sind aber in dieser Übersicht und als Anzeiger der Teilbewegung  $\perp B$  in Phylloniten weit wichtiger die S und Spiegel-S (Zeichnungen a und c in Abb. 2). Bei Ausgangslage a entspricht das Spiegel-S aus der Ausgangslage den durch die einfachen Pfeile schematisierten Verschiebungsbeträgen und der durch die Doppelpfeile bezeichneten Relativbewegung zweier starrer Backen, welche den Bereich mit dem gekrümmten Gefüge zwischen sich haben, ein Vorgang, dem für Kräfte und Bewegungen eine Digyre  $\perp$  Zeichenebene in der Mitte des Spiegel-S zukommt; B ist also eine Digyre. Bezeichnend ist, daß die Be-

fräge der Relativverschiebungen wandwärts zunehmen. Der Fall a tritt also auf, wenn die Bewegung der starren Backen auf eine scherbbare homogene genügend anisotrope Zwischenschichte (s-Paket) übertragen wird und verlangt keine weitere Annahme über diese Zwischenschichte. In diesem normalen Falle zeigt S und Spiegel-S der Falte vom Typus Abb. 1 ganz denselben Sinn der Relativbewegung der Backen (bezogen aufeinander) an wie ein gleiches S oder Spiegel-S in Zwischenfalten einer starrereren Lage. Es ist also eine Verwechslung von  $z$  und  $sch$  ohne Folgen und ein System aus starren Lagen mit  $z$  und bildsamen Lagen mit  $sch$  zeigt überall gleichsinnige zusammenhängende Fältelung und gleichen Sinn der Relativbewegung in kleinen und großen Bereichen, gleichviel ob

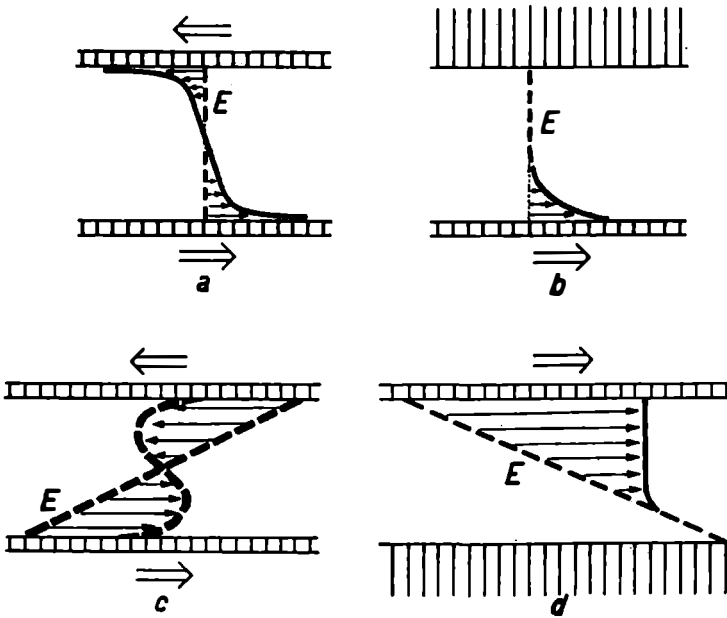


Abb. 2.

man die Zwischenfalten der starrereren oder die Gleitbrettfalten der bildsameren Lagen betrachtet. In Fall c (Abb. 2) ist dagegen eine Stauchfaltung, bzw. Knickung — also nicht reine Verzerrung einer Vorzeichnung — einer genügend starren Ausgangslage im bildsamen Bereiche zwischen den im Sinne der Doppelpfeile gegeneinander bewegten Grenzbereichen gezeichnet (vgl. Abb. 1 sch). Ob hiebei die Knickung als S wie ohne jede Ableitung gezeichnet oder als Spiegel-S erfolgt hängt von praktisch unkontrollierbaren Bedingungen ab. Daher sind solche Knickfalten für die Bestimmung des Relativsinnes der Bewegung in Abb. 2 c ohne Beziehung auf S oder Spiegel-S derart zu verwenden, daß man bei bekannter Ausgangslage von E fragt, welche Relativbewegung auf Verkürzung und Stauchung von E hinwirkt. Dies ist wie in Abb. 2 c, so in jedem Falle — ob S oder Spiegel-S — jene Relativbewegung, welche aus E als Vorzeichnung

eine Gleitbrettfalte erzeugen würde oder als Drehkraft  $D$  an  $E$  betrachtet den spitzen Winkel  $D \wedge E$  vergrößern würde.

Um bei dieser Gelegenheit darauf hinzuweisen, daß sich die sogenannten Fiederspaltten als ein Sonderfall des viel allgemeineren Vorganges der schon von BECKER beachteten ungleichscharigen Scherung verstehen lassen, erwähne ich einen auf einer Reise in USA. mit Herrn und Frau Professor KNOPF von der Yale-Universität im Silur an der Straße Delaware Water Gape von mir notierten Fall, s. Abb. 3, dessen Gefügeanalyse sehr zu begrüßen wäre.

A Quarzsandstein starr undurchbewegt mit erhaltener Kreuzschichtung  
T sehr bildsames Tongestein.

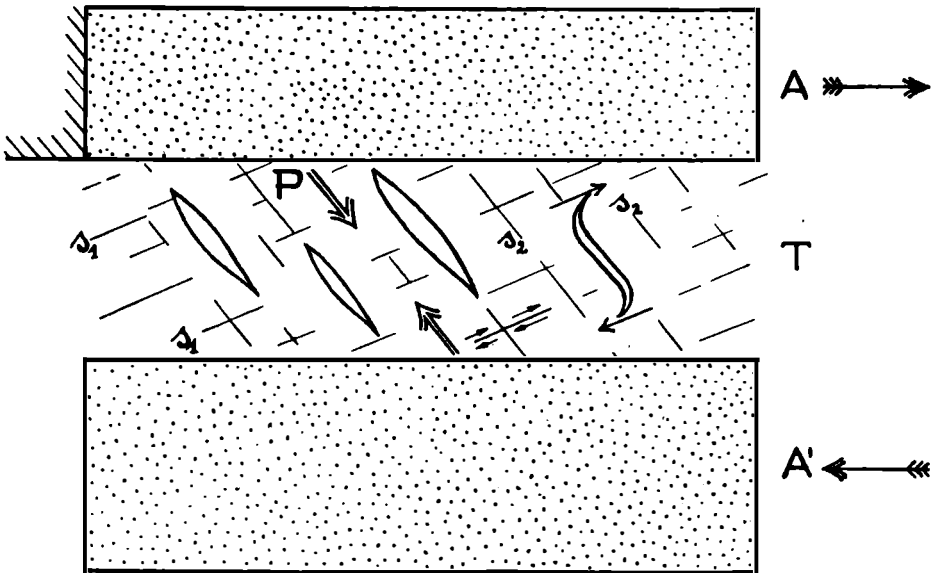


Abb. 3.

Nach meiner Auffassung hat die Relativbewegung der belasteten starren Bereiche  $A$  zu einer monoklin symmetrischen (einzige Symmetrieebene = Zeichenebene) rotationellen zwischarigen Scherung in  $T$  geführt. Die ungleichen Scherflächenscharen sind  $s_1$  und  $s_2$ . Die Ungleichheit besteht darin, daß  $s_2$  steiler stehend als  $s_1$  (oder durch Gleitung in  $s_1$  steiler gestellt als  $s_1$ ) und mit der Außenkraft den geringeren Winkel einschließend als  $s_1$  zu klaffen begann; ferner in der Krümmung von  $s_2$ .

1.  $s_2$  klafft. Das weist eindeutig darauf hin, daß  $s_2$  zur Zeit des Aufklaffens der Außenkraft bereits so gegenüber stand, daß diese in die Richtung  $s_2$  fiel; in diesem Falle erfolgt, wie aus Experimenten und den Rissen  $\perp$  B in B-Tektoniten bekannt ist, Ribbildung parallel zur Außenkraft oder entsprechendes Auseinanderweichen ( $\perp$  Außenkraft) in vorgebildeten Rissen.  $s_2$  wird also als eine Scherflächenschar ungleichschariger Scherung verstanden, welche in die Richtung  $//$  zur Außenkraft geriet. Wie dies geschah, ist ebenfalls ablesbar: An S-förmigen Verkrüm-

mungen, welche  $s_2$  bisweilen zeigt, kann man den Sinn der Relativbewegung in  $s_1$  ablesen; es ist ganz derselbe, welcher bei linearen Beträgen in  $s_2$  dazu führt, daß  $s_2$  ungekrümmt aufgerichtet und in die Lage // zur Außenkraft P gebracht wird. Eine so angenommene Außenkraft, d. h. eine in den schraffierten Sektor der Zeichnung fallende schiefe Pressung wird auch eindeutig gefordert von der Relativbewegung (siehe lange Pfeile) zwischen A und A', wie sie die S-förmige Verkrümmung von  $s_2$  (schematisch nach mehreren kleineren Stellen gezeichnet) ablesen läßt.

2.  $s_2$  ist S-förmig verkrümmt, wie schon abgeleitet und ausgewertet wurde.

Mit dem hier entworfenen ziemlich eindeutig ablesbaren Bewegungsbild lassen sich die sogenannten „Fiederspalten“ voraussichtlich in den Einzelfällen verstehen, d. h. vor allem in das Bewegungsbild des weiteren Bereiches einstellen. Insbesondere aber läßt sich nun das gewonnene Bewegungsbild schematisieren und verwenden, um, vgl. Abb. 3, die Verkrümmungen in einem Pakete aus niedriger (starrerem; A) und höher teilbeweglichen (weniger starren. T) Lagen bei schiefer Pressung darzustellen. Man sieht, daß sich an jeder Stelle eines Paketes von diesem Bau und solcher Vorgeschichte die Relativbewegung sowohl aus den Krümmungen im starrerem A (Zwischenfallen) als aus den Krümmungen im bildsamen T (Scherfallen aus  $s_2$ ) ablesen und zu einem einsinnigen Bewegungsbilde zusammensetzen läßt; für Bereiche einschariger Zergleitung — bei genügender Anisotropie — wurde dies schon früher betrachtet. An geeignetem Material, wie eben am vorliegenden, ist es mit den für deformierte Tonschiefer bereits gehandhabten Mitteln (SANDER 1934 a) inöglich, die vorgetragene Deutung unabhängig von jeder Vorliebe für Druck- oder Schubspannungen bei solchen Betrachtungen gefügeanalytisch zu prüfen. Dies ist auch für eine Untersuchung anderer „Fiederspalten“ durch nichts zu ersetzen. Im Experiment mit elastischen durchsichtigen Medien (gekreuzte Nikols, Gips) ist der Fall einer unrechnefischen direkten Bestimmung der Zug- und Druck-Trajektorien zugänglich, nach dem von mir 1909 empfohlenen und seither unterrichtlich gehandhabten Verfahren von HÖNIGSBERG.

Bei einsinnigem laminarem Fließen, also mit einschariger Scherung  $s$  ist die aus Lagen schief zu  $s$  als Scherfalte oder Biegescherfalte entstehende S- oder Spiegel-S-Falte eindeutig: Es ist nur entweder S oder Spiegel-S vorhanden und nach den erörterten Regeln entstanden, was bei bekannter Ausgangslage den Sinn der Relativbewegung gibt. Ob eine Scherung mit umgekehrtem Sinne der Relativbewegung vorangegangen ist, läßt sich nicht ablesen: Eine solche hätte aus dem Ausgangszustand keine spitzwinkeligen Falten geschaffen und wäre durch die spätere spitzwinkelige Falten schaffende Scherung hindurch höchstens in Ausnahmefällen erkennbar. Es läßt sich also nur die letzte Relativbewegung  $\perp B$  aus derartigen Falten ablesen.

Findet man also im Endzustand in einem Bereiche beiderlei Sinn der Relativbewegung nebeneinander, so ist das ein Hinweis auf Rückstau innerhalb dieses Bereiches, da in einsinnigem Fließen bei keinem Ausgangszustand beide Relativbewegungen auftreten können. Findet man aber keine sicheren Zeichen von verschiedengerichteter („polytroper“ s. o.) Relativbewegung im Endzustand ablesbar, so ist damit einsinniges Fließen

ohne Gegenfließen in einer früheren Zeitspanne nicht streng bewiesen. In keinem der nach Ausgangslage und Sinn der Relativbewegung denkmöglichen Fälle ist bei einfachen Scherfalten oder Biegescherfalten Mehrphasigkeit mit Gegenfließen sicher aus dem Endzustand zu erschließen oder auszuschließen.

Aus S- oder Spiegel-S-förmigen Scherfalten oder Biegescherfalten (sch) kann man die Relativbewegung zur Zeit ihrer Entstehung ablesen: Die Relativverschiebung streicht bei jeder Ausgangslage wie die Hand über Haar umbiegend über die Enden des S oder Spiegel-S; die Ausgangslage bildet mit den Pfeilen zu der also abgelesenen Relativbewegung einen Winkel derart, daß diese Pfeile als drehende Kräfte betrachtet, diesen Winkel zu vergrößern streben.

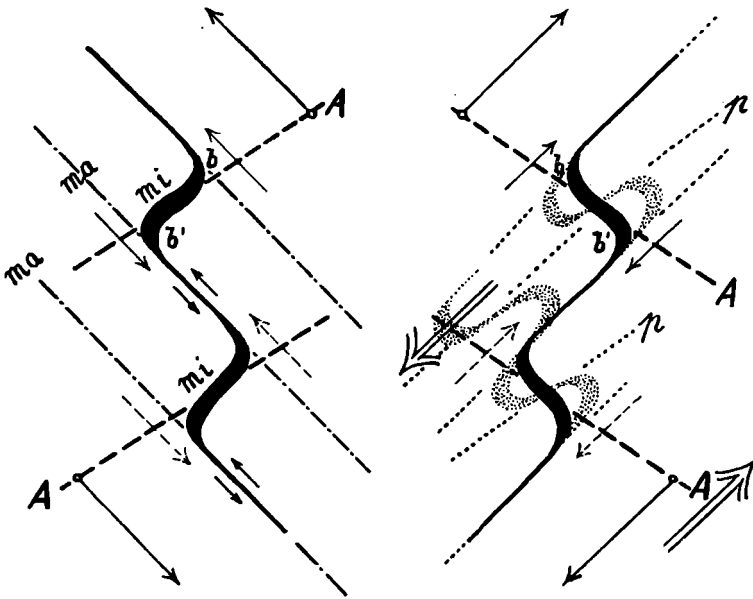


Abb. 4.

Täuschungen in der Ablesung der Relativbewegung entstehen: 1. Wenn in der Abb. 4 Biegung  $b$  links mit Biegung  $b'$  rechts verwechselt wird. 2. Wenn rechts unten in Abb. 4 die Externrotation einer Inhomogenität (Einschlußwirbel, Knickfalte) mit dem Kräftepaar Doppelpfeile ist. Beide Verwechslungen sind vermeidbar. 3. Wenn nicht eine „Zwischenfalte“ vorliegt mit undurchbewegten Teilen (das ist der in der Abb. 4 vollschwarz gezeichnete Fall), sondern eine Reihe nach den SCHMIDT'schen Gleitbretttypen überall von Scherflächen durchzogener Falten (das ist der in der Abb. 4 rechts mit Punktmuster gezeichnete Fall), so kann sich S an Spiegel-S schließen, derart, daß die Lesung als S oder als Spiegel-S willkürlich ist und damit der Relativsinn der Teilbewegung unbestimmbar, ein leider unseltener Fall.

Abb. 4 zeigt das unterscheidbare S und Spiegel-S für Zwischenfallen (voll-schwarz) mit Stellen geringster bis fehlender (mi) und stärkster (ma) korrelater Scherung; gebrochene Gerade = Ausgangslagen; gleiche Pfeile bezeichnen aufeinander bezogene Relativbewegungen; Pfeile mit Ring = summierte Relativbewegung; Doppelpfeil siehe oben 2); Punktmuster = Gleitbrettfalten und dazugehörige Ausgangslagen p.

Die Bedeutung von digyrischen S und Spiegel-S-Formen für die Relativbewegung wurde bisher in allgemeinen Umrissen nur für Bereiche einsinnigen laminaren (einscharigen) Zergleitens betrachtet. In dem zu Abb. 3 erörterten Beispiele ist jedoch schon ein Fall mehrscharigen Zergleitens zwischen bewegten starrerem Backen mit schiefer Pressung herangezogen. Der Fall mehrschariger Plättung eines Bereiches mit interner oder externer Rotation bedarf noch allgemeiner Betrachtung in unserem Zusammenhange, da er zu verschiedensinnigen Relativbewegungen  $\perp$  B nebeneinander — ablesbar an S oder Spiegel-S — schon in kleinen und homogenen Bereichen führen kann. In zwischen Starrbereichen geplätteten Bereichen — plätten heißt dabei nichts als platt machen, nicht etwa „bügeln“, wie es leider technologisch unrichtig ins Englische übersetzt wurde — läßt sich eine Plättungsebene unterscheiden. Dies ist jene Ebene P, mit welcher alle Plättungsebenen der Teilbereiche, alle längsten Durchmesser deformierter Ausgangskugeln den kleineren Winkel bilden als mit jeder anderen Ebene. In P hat die maximale Ausweichbewegung stattgefunden gegenüber einer plättenden Außenkraft für den betrachteten Bereich, welche senkrecht oder schief zu P stand. Enthält der betrachtete Bereich keine wirksamen Inhomogenitäten, so finden wir die Scherflächen in dem betrachteten Bereich symmetriegerecht zur geraden (rhombischen bis rotationssymmetrischen) oder schiefen (monoklinen) Pressung betätigt, ausgearbeitet, rotiert; so wie ja auch jede mechanische Formung symmetriegerecht zur Symmetrie des Systems formender Kräfte erfolgt, bzw. diese abbildet. Was die Kennzeichnung der bei solcher Plättung auftretenden Scherflächen anlangt, so ist wie ich u. a. in 1934 a gezeigt habe, der Rotationssinn der Bewegung in den Scherflächen bei richtiger Einstellung des Schlifses zu den sichtbaren Koordinaten des Handstücks weit öfter ablesbar als diese wichtige Möglichkeit derzeit benützt wird. Unter anderem lassen sich die Fälle der Internrotation mit höherer (rhombischer; Abb. 5, 1a; oder sphaeroidischer) oder niedrigerer (monokliner; Abb. 5, 1b) Symmetrie und zu beiden Fällen die echten B-Achsen mit  $\perp$  B gerichteten Maximalkomponenten der Relativverschiebung in  $s_1$  und  $s_2$  unterscheiden; ferner echte B-Achsen mit Externrotation des Bereiches (Abb. 5, 2a, b und c).

Denkt man sich in den Fällen der Abb. 5 eine Plättung, wie sie die Bilder 1c und 2c wiedergeben, so besteht im Falle 1c die Möglichkeit, daß verschiedensinnige Relativbewegungen  $\perp$  B in internrotierten und geplätteten Homogenbereichen unmittelbar nebeneinander liegen, ablesbar aus reliktem Gefüge S und Spiegel-S aus dem Anfang des Plättungsaktes. Wir können zuletzt ungefähr in der Plättungsebene beiderlei Relativbewegungen nebeneinander finden, ohne daß der Bereich starrere Partien zu enthalten braucht. Solche Fälle weisen eindeutig darauf hin, daß die Plättung mit Ausweichen nach Schema 1 der Abb. 5 entstanden und mithin auch bei hohen Plättungsgraden nicht eindeutig auf weitere Transporte

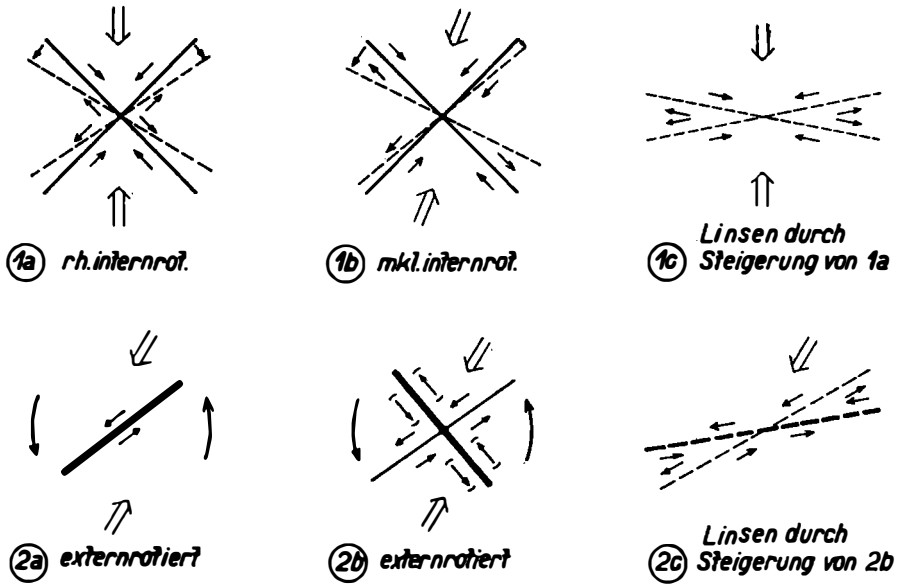


Abb. 5.

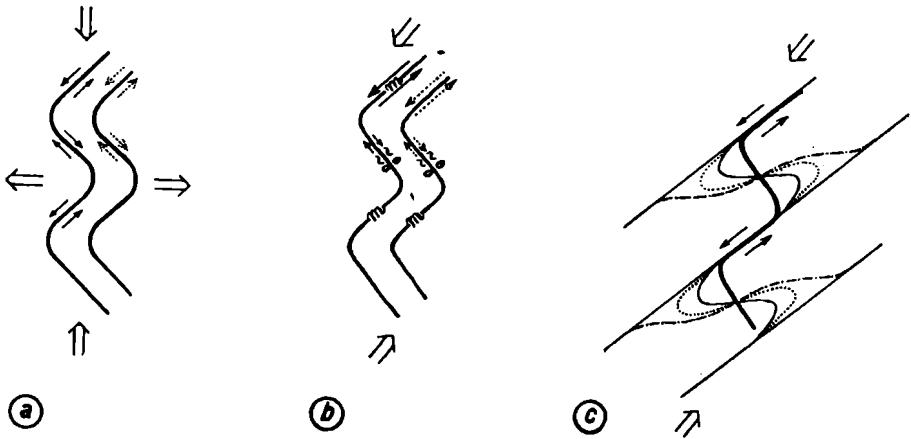


Abb. 6.

mit laminarem Fließen beziehbar ist. In homogenen Bereichen sind für diesen Fall, den ich als mehrsinnige Relativbewegung in  $s$  bezeichne, wobei unter  $s$  die Gesamtheit aus  $s_1, s_2, s_3$  usw. verstanden ist, durch Umströmung und gegenseitige Begegnung von Starrheitsinhomogenitäten mannigfaltige Entstehungsmöglichkeiten gegeben.

Es bleibt noch der Fall zweischariger Zergleitung eines anisotropen Materials zu beachten, welches ein stark mechanisch wirksames Parallelgefüge aus  $s$ -Flächen leichter Verschiebbarkeit in  $s$  besitzt. Von den Grenzfällen ergibt Pressung  $\perp s$  keine Gleitung in  $s$ ; Pressung  $\parallel s$  ergibt Stauchfältelung (Regel der Stauchfaltengröße!) aus Biegefältchen. Abb. 6



zeigt, daß im letztgenannten Falle gleichsinnige Relativbewegung  $\perp B$  nur für den Bereich eines einzelnen Faltenschenkels besteht.

Wenn aber die pressende Außenkraft schief zu  $s$  steht (Schiefstauchung), so ergibt sich die Vereinbarkeit einer zweischarigen plättenden Verschiebung mit dem Bilde einer  $S +$  Spiegel-S-Fältelung.

Steht die Außenkraft nicht  $\parallel$ , sondern etwas schief zu  $s$  (Abb. 6 b) so ergibt sich entsprechend mindersymmetrische Stauchfältelung: Von den Schenkeln der Stauchfalten liegt sogleich die eine Schar  $m$  gleitgünstiger zur Außenkraft als die andere  $n$ . In dieser Schar  $m$  gehen die Gleitungen in  $s$  vor sich, deren Ergebnis 6 c wiedergibt.

Zu den hier erörterten wichtigsten Fällen mehrsinniger Relativbewegung  $\perp B$  bei mehrschariger Formung im Homogenen — gerade und schiefe Plättung isotroper Bereiche sowie Schiefstauchung anisotroper Bereiche — kommen noch die Möglichkeiten mehrsinniger Relativbewegung  $\perp B$  in inhomogenen Bereichen mit starrereren Teilen. Es ist bei Beachtung dieser Umstände verständlich, wenn in großen Bereichen umfangfalter Phyllonite der Aufnahmegeologie zwar  $s$ -Fallen,  $s$ -Streichen und  $B$ -Achse konstant findet, aber keine einsinnige Relativbewegung  $\perp B$  ablesbar. Erst zahlreiche Bestimmungen ergaben bisweilen das deutliche Vorwalten eines Sinnes der Relativbewegungen und damit wahrnehmbar vorwaltenden tektonischen Transport in bestimmtem Sinne z. B. „Höheres über Tieferes gegen Nord“. Weithin gehören geradezu zur Kennzeichnung von Phylloniten mit „linsigem Bau“ die Scherkörper mit sich spitzwinkelig in  $B$  kreuzenden Scherflächen ohne ablesbaren Relativsinn der Bewegung  $\perp B$ . Sind die Relativsinne statistisch gleich vertreten, so besteht in solchen Phylloniten rhombische Symmetrie des  $dm$ -Bereiches und damit der Hinweis auf eine plättende Formung zwischen starren Backen, nicht auf einsinniges laminares Fließen. In anderen Fällen wieder lassen sich im Anschluß an die oben erörterten Merkmale Bewegungsrichtungen tektonischer Transporte zuverlässig aus der Statistik der Handstückbereiche ablesen. Um diese Formungen zeitlich zu gliedern und mit Kristallisationsvorgängen in Beziehung zu setzen, geht man auf die Korngefügeanalyse von Falten über, welche darüber entscheidet, ob homogene Scherfalten, Biegescherfalten, Biegefalten, abwickelbare also vor der Krümmung geregelte Falten vorliegen und in bezug auf welche Kornarten die Faltung, damit die Relativbewegung  $\perp B$  und damit Plättung oder Transport, vor-, nach- oder parakristallin ist, was man an  $B$ -Gefüge (namentlich an Falten) geeigneter Größe untersucht.

Wenn man Bewegungen  $\perp B$  aus dem Gefüge abliest, so können diese Bewegungen an einem homogenen oder an einem inhomogenen Bewegungsbilde größeren Bereiches beteiligt sein, sie können, wie so vielfach erörtert, ganz verschiedener Art sein, sind aber immer symmetriegerecht und sie dürfen nicht ohne weiteres in ungenaue Zusammenhänge mit undefinierten Ausdrücken aus der Bildersprache der Tektonik gebracht werden. Während in einem Falle die beachtete Bewegung  $\perp B$  eine Gleitung oder Biegleitung in  $s$  ist, kann es von Wert sein in einem anderen Falle die Verlagerung eines Punktes  $\perp B$  zu betrachten, wobei dieser Punkt nicht in  $s$  verschoben wird, wohl aber längs einer Ausweichungs- oder Pressungsgeraden, welche die Winkel zweischariger Scherung teilt.

In einem Falle kann die Bewegung  $\perp B$  als Teilbewegung am freien Fließen eines Bewegungshorizontes beteiligt sein, in einem anderen Falle an der Formung des Bereiches zwischen starrerem Backen oder an der Stauung an einem Hindernis, begleitet von Bewegungen  $\parallel B$ . Während wir in einem Falle aus dem Gefüge sich rasch in große Transporte summierende Bewegungen  $\perp B$  ablesen, beachten wir in einem anderen Falle die Bewegung  $\perp B$ , in der „Pressungsgeraden“ — das ist in der „stumpfen“ Symmetralen des größeren Winkels, den die Scherflächen miteinander einschließen — eine Bewegung, welche an sich nicht als Teilbewegung im Bewegungsbilde eines großen Transportes steht.

Ein Gemeinsames aller dieser Fälle aber ist, daß die Bewegungen  $\perp B$  symmetriegemäß dem größeren Bewegungsbilde verlaufen, zu welchem sie als Teilbewegung in B-Tektoniten summierbar sind. Ein Gemeinsames ist ferner, daß die Ebene  $\perp B$  die kinematische Hauptebene ist, in welcher eben die Bewegungen  $\perp B$  vor sich gehen, gleichviel welche Lage jenes B im Raume hat, so daß es keineswegs erlaubt ist, von Bautypen mit horizontalen B ausgehend immer eine Vertikalebene als kinematische Hauptebene (Profilebene) bewußt oder unbewußt anzunehmen, anstatt gefügekundliche allgemeinste Grundlagen und Pläne mit verschiedenster Orientierung zu den Erdkoordinaten zu beachten.

Im Verlaufe der Untersuchung, was man aus den Relativsinnen der Bewegung  $\perp B$  in kleinen homogenen Bereichen von der Bewegung in größeren inhomogenen Bereichen — deren Bewegungsbild sehr oft den Tektoniker noch mehr interessiert — aussagen kann, wurde bereits (Abb. 6) der Fall der Faltung und Zergleitung eines anisotropen Paketes aus gut gleitfähigen Lagen  $s$  gedeutet. Dabei war angenommen, daß diese Anisotropie genügend ausgesprochen sei, daß bei zweischariger plättender Zergleitung mit  $s_1$  und  $s_2$  entweder  $s_1$  oder  $s_2$  in  $s$  fällt; so wie dies für feingewebte stark anisotrope Tonschiefer schon in Beispielen aufgezeigt wurde (1934 a) und auch experimentell leicht verfolgbar wäre. Andere natürliche Falten und allgemeine Überlegungen zwingen, ähnliche Betrachtungen über Faltung im Bewegungsbilde zweischariger Zergleitung hier anzuschließen. Solche Falten sollen als Doppelscherfalten bezeichnet werden.

Eine Einschar von Gleitflächen  $s_1$  kann aus einer Vorzeichnung oder auch aus einer mechanisch heterogenen Einlage eine einfache einscharige Scherfalte oder eine Gleitbrettfalte mit einem Sinne der Relativbewegung erzeugen. Ferner kennen wir sehr zahlreiche Fälle, in denen zweischarige Formung erfolgt, ja die Korngefügeanalyse hat mehrscharige Formungen mit Regelung als häufiger denn die einscharige erkennen lassen (SANDER 1930 und früher). Nach diesen beiden Sätzen liegt es nahe zu fragen, wie ein Bewegungsbild aussieht, in welchem sich zwei Scherflächenscharen kreuzen, deren jede für sich eine einfache Scherfalte oder eine Gleitbrettfalte erzeugen würde. Anders gesagt: Was entsteht aus einer Vorzeichnung bei nichtaffiner mehrschariger Zerschering und gibt es unter den Ergebnissen Formungen, welche uns aus dem Formenschatz natürlicher Falten feldgeologisch bekannt sind. Dieselbe Frage gilt betreffend zweischarige nichtaffine Zerschering von mechanisch heterogenen Lagen. Die Antwort lautet in beiden Fällen bejahend: Mechanisch indifferente und mechanisch heterogene Vorzeichnungen können durch affine oder nicht-affine zweischarige Zergleitung in bekannte und typisierte Faltenbilder

übergehen, deren Relativsinn der Teilbewegungen nur deutbar ist, wenn man diese Entstehungsmöglichkeit beachtet und korngefügeanalytisch kontrolliert, was bekanntlich sehr oft erst ein- und zweischariges Gefüge erkennbar macht. Da in der Gefügekunde der Gesteine eine Darstellung bisher nur für einscharige Zergleitung von Vorzeichnungen für verschiedene Gleitflächenlagen gegenüber typischen Vorzeichnungen gegeben wurde (SANDER 1930, Abb. 13—25), wird hier eine solche Darstellung wenigstens für einige Fälle mehrschariger Entstehung gekrümmter Gefüge aus gerader Vorzeichnung gegeben zunächst für zweischarige Pressung und ohne Beachtung interner und externer Rotation. Abb. 7 zeigt diesen Fall für mechanisch indifferente Vorzeichnungen. Abb. 7 ist die Skizze einer zweidimensionalen nichtaffinen Doppelscherfalte (Gleitbrettfalte) nach  $s_1$  und  $s_2$ ; Digyre unverlagert;  $s_1 \perp s_2$  ohne Beachtung der Internrotation bei der Plättung. 1 ist eine mechanisch unwirksame Vorzeichnung, 2 ist deren Verzerrung durch die nichtaffine Scherung in  $s_1$  mit rechts oben und links unten wachsenden Gleitbeträgen. 3 ist eine Verzerrung von 2 durch nichtaffine Scherung in  $s_2$  mit links oben und rechts unten wachsenden Gleitbeträgen. 4 ist die Verzerrung von 2, aber nicht wie 3, sondern mit anderem Sinn der Relativbewegung; also auch nicht mehr im Sinne der Pressung (Doppelpfeil), sondern einer Externrotation. Die Linien entsprechen verschiedenen Fällen nichtaffiner Scherung in  $s$ ; also zwei verschiedenen Gleitbrettfalten. Die Abb. 8 zeigt denselben Ablauf wie 7 aber bei unsymmetrischer, schiefer Lage der Vorzeichnung 1 zu  $s_1$  und  $s_2$ ; der Übergang von 2 zu 3 ist zugleich ein Beispiel für Entkrümmung einer Vorzeichnung (Falte) durch einscharige Scherung (nach  $s_2$ ). 3 ist also in Abb. 7 und 8 das Ergebnis zweier unter  $45^\circ$  zur Pressungsrichtung stehender einander rechtwinklig kreuzender Gleitbretter, deren Betätigungen nacheinander oder „gleichzeitig“ in  $t$ , d. h. in kleinen Zeitspannen einander ablösend in einer größeren Zeitspanne  $t$  einander überlagernd erfolgt. Man sieht, daß bei mechanisch unwirksamen Vorzeichnungen oder auch bei Scherbiegefallen eine S-Falte ganz verschieden zu deuten ist, was den Relativsinn der erzeugenden Scherung anlangt, je nachdem Fall 2 (ein Gleitbrett erster Ordnung; zu deuten wie Pfeile zu  $s_1$ ) oder Fall 3 vorliegt (ein Gleitbrett zweiter Ordnung durch Gleitbretterscherung von S zu deuten wie Pfeile zu  $s_2$ ). Die Entscheidung über einscharige oder zweischarige Scherung durch Korngefügediagramme ist also für die Deutung nötig.

Abb. 9 zeigt was aus einer vorgezeichneten Geraden wird, wenn die durch eine Gleitbrettscherung (Symbol  $\rightleftarrows$  für den Gesamtbereich der zweizähligen Falte) erzeugte S-Falte entgegen dem Sinne der Scherung ( $\rightleftarrows$ ) also im Sinne eines Kräftepaares  $\curvearrowright$  um Intervalle von jedesmal  $90^\circ$  bis zu einer vollen Drehung externrotiert und jedesmal neu mit  $\rightleftarrows$  umgeschert wird. Das Bild der hierbei entstehenden Einwickelung durch Scherung kann nur entstehen wenn der Faltenbereich autonom als Zapfen // B in seiner Umgebung mit  $\curvearrowright$  gedreht wird. Dieser Fall einer gewaltsamen Drehung eines Bereiches entgegen dem Relativsinne der zur Zergleitung führenden Kräfte ist im Bewegungsbild einscharig fließender Tektonite nicht möglich. Vielmehr führt in diesem Bewegungsbild die Übereinstimmung im Bewegungssinne der Scherung und der Externrotation nicht zu Wickel-

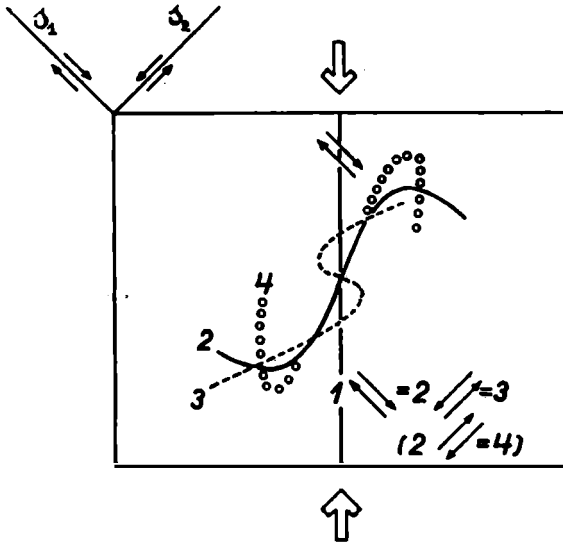


Abb. 7.

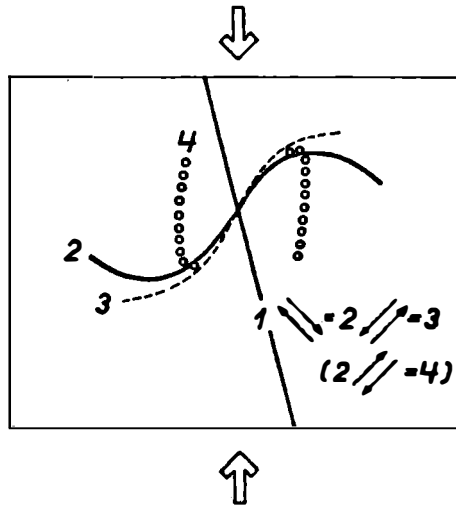


Abb. 8.

falten, sondern zur Entkrümmung, Plättung, schlierigen Einschichtung in s, wie man das in frei abfließenden tektonischen Transporten immer wieder begegnet: Diese Tektonite werden um so schöner laminar (ja scheinbar ungestört) je weiter die beschriebene Entkrümmung aller Krümmungen durch gleichsinniges Zergleiten gediehen und damit der tektonische Transport gelangt ist. In einscharig zergleitenden Tektoniten ist also eine S- oder Spiegel-S-Zeichnung mit zunehmender Einwickelung nicht als Scherfalte, sondern als SCHMIDT'scher Einschlußwirbel in einem wachsenden und

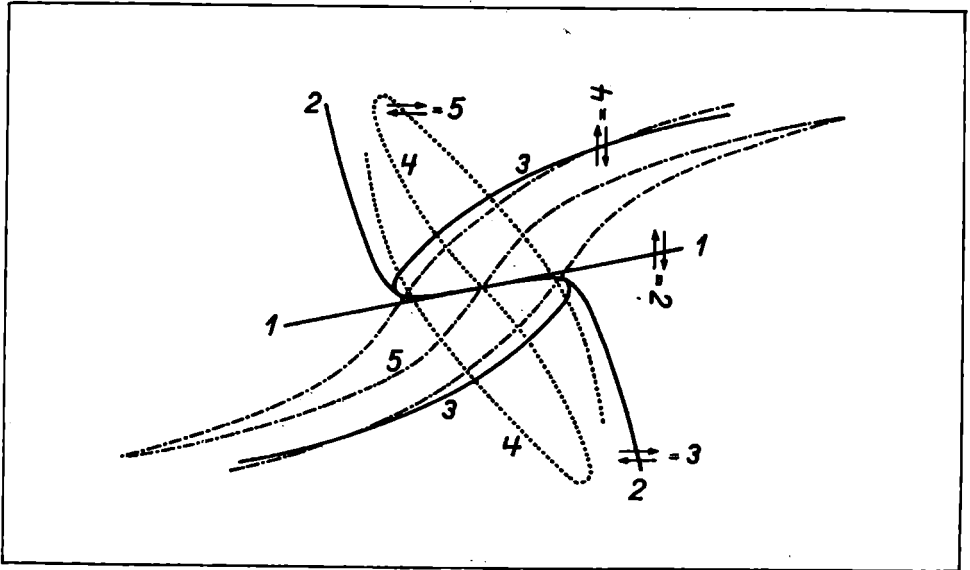


Abb. 9.

externrotierten Imprägnations- (mech. Versteifungs-) Bereiche zu betrachten mit der ihm zukommenden Relativbewegung. Andere Einwickelungen in einschichtig fließenden Transporten sind nur im Sinne einer Haut über rollender Walze möglich, was rein kinematisch dem Bewegungsbilde eines echten Wirbels entspricht, von den Tektonikern auch so gesehen und von mir aus Schmelztektoniten beschrieben und zur Bestimmung des Relativsinnes im Fließen verwendet wurde (1929).

Durch ein weiteres geometrisches Experiment kann man sich eine Übersicht darüber verschaffen, was aus verschiedenen Ausgangsformen wird, wenn jede derselben in ganz verschiedenen Lagen (8 Lagen auf  $360^\circ$  im durchgeführten geometrischen Experiment) gegenüber einer Gleitbrettscherung von diesem:  $\rightleftharpoons$  Sinne (Fall 1 also von dem die erste Falte erzeugenden Sinne) oder von diesem  $\rightleftharpoons$  Sinne (Fall 2; also entgegen dem die erste Falte erzeugendem Sinne) als Gleitbrett zerschert wird. Dies würde für drei Ausgangsformen in der Weise synoptisch durchgeführt, daß eine Rose der gewählten Ausgangsform auf den Querschnitt eines Kartonpakets gezeichnet und dieses gemäß obigen zwei Fällen als Gleitbrett translatiert wurde.

Die Abb. 10 ergibt für Fall 1 also für den in tektonischen Transporten ohne Rückfließen geltenden Fall, und für Fall 2 anschaulich bei welcher Ausgangslage und Ausgangsformen weitere Krümmung, Zuspitzung und Entkrümmung eintritt. Abb. 11 und 12 zeigen Fall 1 und 2 für flachere Ausgangsformen. Für Krümmungen verschiedener Art und Lage zur Gleitebenenschar ergibt das geometrische Experiment das häufige Auftreten von Ausspitzung und Entkrümmung — also laminare Parallelschichtung in s — schon bei den gewählten ablesbaren Beträgen der

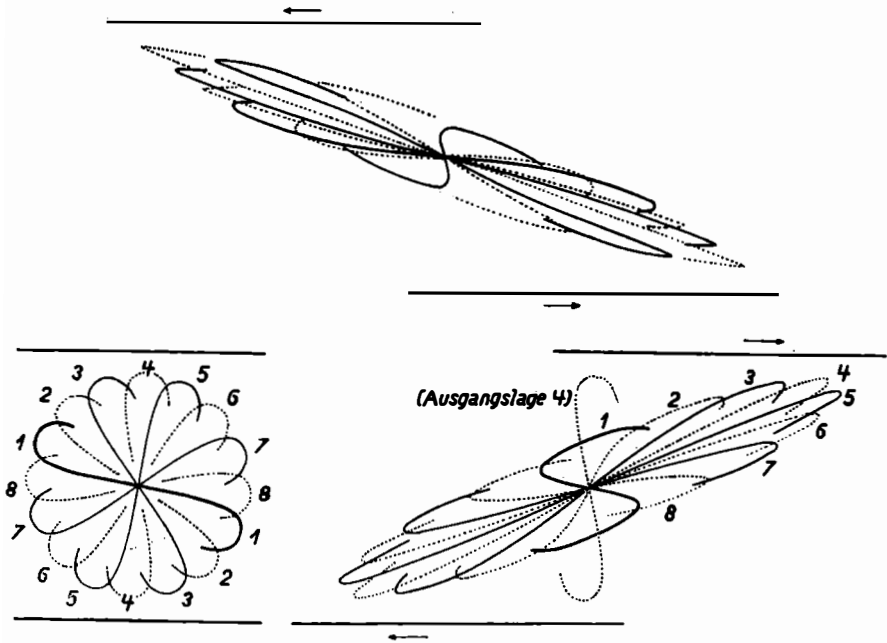


Abb. 10.

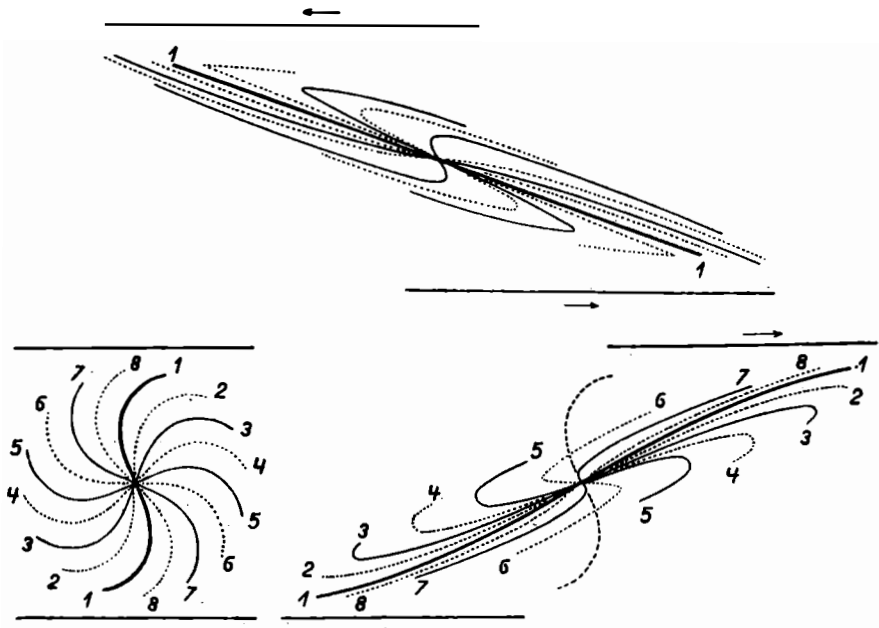


Abb. 11.

Relativverschiebung, und zwar für beide unterschiedenen Fälle. Damit ergibt sich auch, daß zunehmende Krümmung und Einwickelung (Wickelfaltung) bei einschäriger Zergleitung ohne Externrotation des Bereiches nicht auftritt.

Wir zeigen also bei welchen Ausgangslagen sowohl im Fall 1 als im Fall 2 Entkrümmung und Krümmung von Falten auftritt bei Gleitbretterscherung mit unverlagerter Digyre.

Wenn wir schließlich bei Fall 1 beachten daß die Internrotation der Vorzeichnung durch die Scherung und eine zusätzliche Externrotation des Bereiches mit neuerlicher Scherung im selben Sinne entkrümmend wirken,

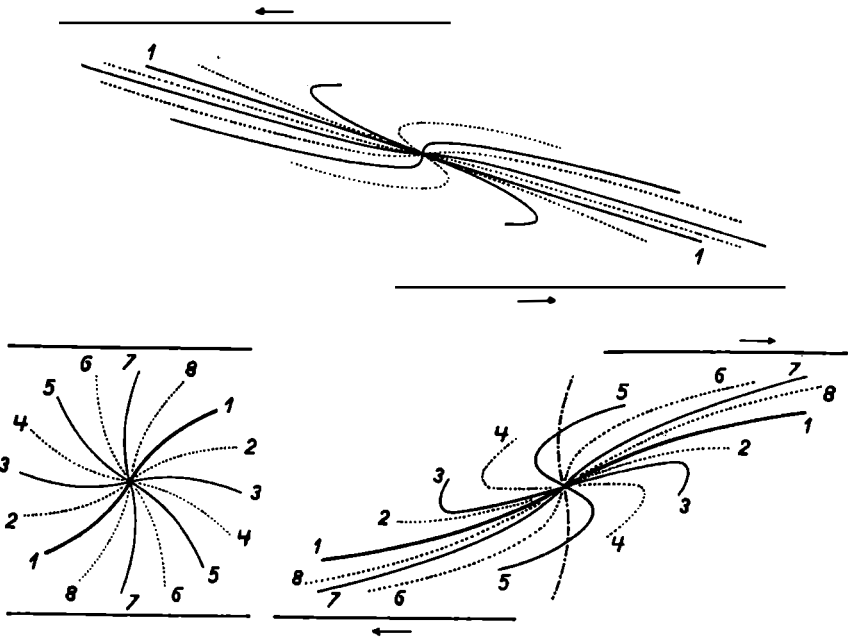


Abb. 12.

so ergibt sich im Experiment anschaulich leicht erweisbar (Abb. 13), daß das in Bewegungshorizonten begegnete Bild der Entkrümmung („Auswalgung“) von Falten in einem Bewegungsbilde aus Scherung und Rotation erzeugbar ist. Hiezu gibt Abb. 13 ein Schema, Abb. 14 ein geometrisches Experiment.

In Abb. 14 gilt:  $1 \overleftrightarrow{=} 2$ ;  $2 \overleftrightarrow{=} 3$ ;  $3 \overleftrightarrow{=} 4$ ; zugehörige Vertikale sind  $1' 2' 3' 4'$ ;  $2$  externrotiert =  $2''$ ;  $2'' \overleftrightarrow{=} 3''$ .

Bei Externrotation ( $2$  nach  $2''$ ) führt hier also eine einzige Gleitbretterscherung ( $2''$  nach  $3''$ ) und zu einer ebenso starken, bisweilen stärkeren Entkrümmung als ohne Externrotation mit 2 Gleitbretterscherungen ( $2$  nach  $3$  nach  $4$ ) erreicht wird.

Es ist also der allgemeine Ablauf mehrschariger Verzerrungen für externrotierte Bereiche von Interesse. Denn einerseits sind zweisecharige

Formungen vom Relativsinn des Typus der Abb. 5, 2b mehrfach nachgewiesen (1934 a) und als externrotierte Fälle wiederholter einschäriger Zerschering gedeutet. Ferner sind mehrscharige Zerscheringungen im Korngefüge von Rotationstektoniten häufig zu begegnen. Und endlich sind B-Tektonite mit Rotation (Rotationstektonite) unselten.

Eine wichtige Tatsache ließ sich übersichtlich machen. Es werde zuerst nach Schar 1 zerschert und eine dieser Schar naheliegende Vorzeichnung verzerrt. Dann erfolgte im gleichen Sinne wie die Scherung (nach dem

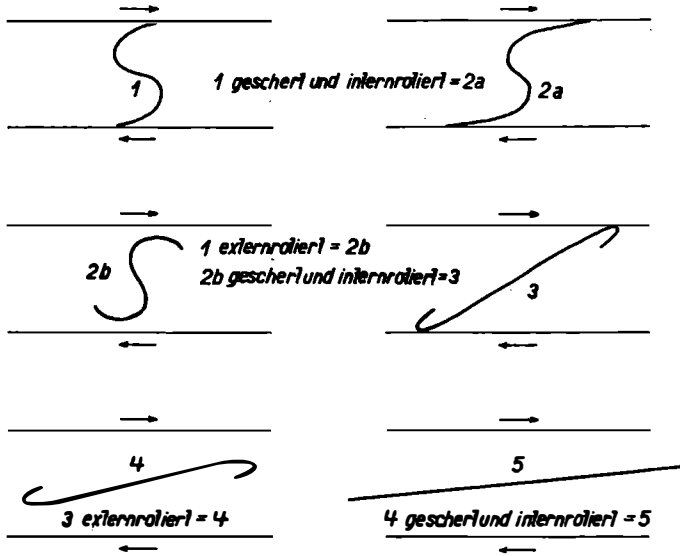


Abb. 13.

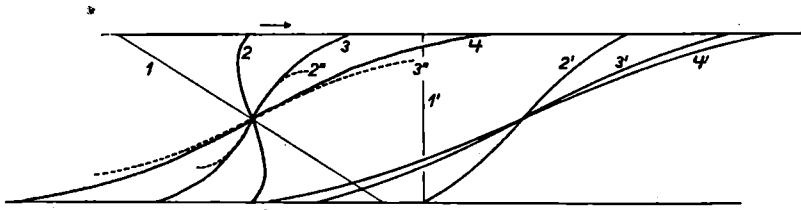


Abb. 14.

Diktat derselben Außenkräfte schiefer Pressung) die Externrotation des betrachteten Bereiches. Bei genügendem Betrage der Externrotation und neuerlicher Scherung in der Ausgangslage 1 erfolgt die Entkrümmung der Vorzeichnung. In dem für Gesteine (nicht deren Vorstadien) allein in Betracht kommenden Falle wiederholter nichtaffiner einfacher oder Gleitbrettscherung mit übereinstimmendem Relativsinne der Internrotation, der Externrotation und der Scherung gilt es 1. daß die Scherfalten nicht nur gesteigert, sondern wieder entkrümmt werden und 2. daß die Pfeile an  $\vec{S}$  auch den Relativsinn der Lamina gegeneinander anzeigen, zwischen



denen der betrachtete Bereich extern rotiert wird. Sowohl die fixe Drehachse B als der fixe Wendepunkt, also die immer gleiche Lokalisierung der Gleitbretter, bzw. ihrer Digyre bei wiederholter Scherung sind überhaupt nur dann wahrscheinlich und verwirklicht, wenn B und Wendepunkt im Zentrum eines mechanisch inhomogenen weniger gleitfähigen Bereiches M liegen, welcher gegenüber der Außenkraft rotiert wird. Eine autonome Rotation eines solchen Bereiches, wie etwa im Bohrakte, kann für die Teilbewegung im Gesteinszustand unberücksichtigt bleiben. In Tektoniten kommt es dadurch zur Rotation starrer Bereiche, daß sie in lamellares Fließen eingebettet sind wie ein Stab, den ich zwischen meinen parallelen Handflächen pressend dadurch rotiere, daß ich die Hände gegeneinander verschiebe, wofür man den kurzen Ausdruck nudeln setzen kann. Eine solche Nudel, wie wir sie in Rotationstektoniten in geradezu allen Ausmaßen als Stengel nach B begegnen, ist genau unser Fall: Wendepunkt und Rotationsachse in der Nudel bleiben, diese selbst wird gegenüber den Außenkräften externrotiert und diese erzwingen immer wieder Gleitbrettbildung mit demselben Relativsinn der Scher-Bewegung im betrachteten Bereiche. Dieser Relativsinn selbst ist aus den randlich in der Nudel auftretenden krummen Gefügen eindeutig ablesbar; aber nach der früher gegebenen Regel ebenso der hier interessierende Relativsinn der nudelnden Hände gegeneinander, derart, daß die Spitzen des S im Sinne der Handbewegung gegenüber dem betrachteten Bereiche und gegenüber der anderen Hand umgebogen werden. Gewiß ist auch möglich, daß überhaupt keine Scherfaltenbildung erfolgt und ein Stengel ohne jede Verformung rotiert wird.

Die Verhältnisse für einfache Scherfaltung sind mitbeschrieben, wenn man eben nur einen randlichen Bereich der Nudel, nicht den Gesamtbereich der Nudel mit seinem symmetriegemäß dem Außenkraftpaar digyrischen Gefüge betrachtet. Schließlich wäre noch der häufige Fall zu beachten, daß der starrere Bereich nicht selbst rotiert, aber angeschmiegt laminar umflossen wird etwa wie eine Hand über einen Kittblock streicht und Verzerrungen mit leicht ablesbarem Relativsinn erzeugt.

In einer zweiten Art des Bewegungsbildes, welche in ihrer Symmetrie vollkommen gleich der ersten Art ist — B ist in beiden Fällen Digyre — bewegt sich der betrachtete Bereich autonom rotierend gegenüber seiner Umgebung (Bohrer, Wirbel im engeren Sinne). Auch diese Art läßt sich für den Fall zugeordneter Scherfalten gut als  $\overleftarrow{\text{S}}$  für  $\curvearrowright$  kennzeichnen.

Die Existenz von Rotationstektoniten dieser Art, also die Existenz von Wirbeln im engeren Sinne ist in Rauchen und Flüssigkeiten leicht aufzuzeigen. Eine Entstehung im Gesteinszustand kommt nicht in Frage.

Laminare Bewegung umgebender Bereiche ist nicht angenommen. Die S-Spitzen weisen dem Drehsinne der Rotation des betrachteten Bereiches entgegen, also anders als bei der Nudel. SCHMIDT'sche „Einschlußwirbel“ durch Aufnahme von si in den rotierenden und wachsenden Bereich, einen Holoplasten, zeigen ganz dasselbe Verhalten der S-Spitzen wie im echten Wirbel. Da echte Wirbel mit Einschlußwirbeln geologisch nicht verwechselt werden können, hat man praktisch nur Einschlußwirbel und Nudeln auseinander zu halten und, was die Deutung der Relativbewegung der die Rotation verursachenden Lamina anlangt, zu beachten, daß Ein-

schlußwirbel mit ihren S-Spitzen, bei gleicher Rotation und gleicher Relativbewegung der Lamina gegeneinander entgegengesetzt weisen wie die S-Spitzen der Nudel.

Das Auftreten rhythmischer gekreuzter Gleitbretter mit gemeinsamen Digyren ist denkbar aber nicht nachgewiesen. Daß hiebei aus einer Vorzeichnung Verkrümmungen von der Gestalt einer Stauchfältelung entstehen können ist durch das geometrische Experiment Abb. 7 gezeigt, und vielleicht für die Analyse der Teilbewegungen mancher Falten von Interesse.

### Typen homogener und inhomogener Bewegungsbilder in S-B-Gefügen

Der geometrische Zusammenhang zwischen der Lage einer Ebene — gegeben durch deren Streichen und Fallen — und einer Geraden B auf

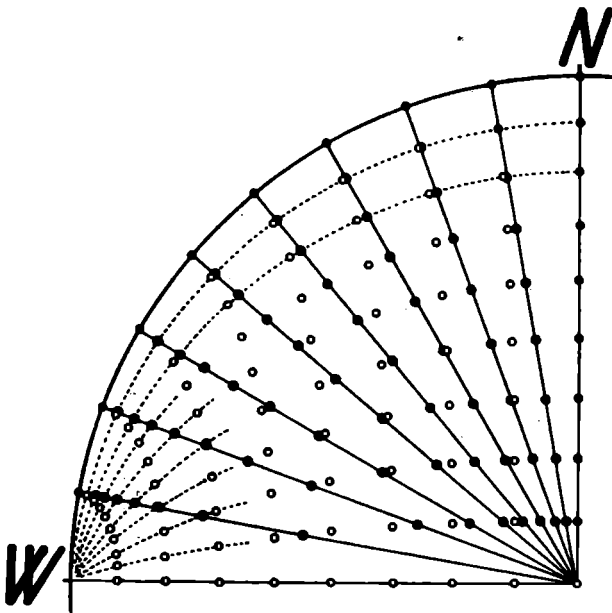


Abb. 15.

dieser Ebene — gegeben durch deren Achsenstreichen (Vertikalebene, in welcher die Gerade liegt) und Fallen läßt sich auf einem Globus oder Netz verfolgen (Abb. 15). Die Meridiane sind die Ebenen mit verschiedenem Fallen bei fixem Streichen z. B. WE. Die Schnittpunkte der Breitenkreise mit den Meridianen (Kreis'chen) sind die Lagen der Geraden auf den Ebenen, bzw. die Ausstichpunkte der B auf der Lagenkugel. Betrachten wir die B entlang einem Meridiane, so haben wir alle B auf der betreffenden fixen meridianen Ebene für verschiedene  $\angle \zeta$  (zwischen Ebenenstreichen und Achse B auf der Ebene gemessen). Betrachten wir die B entlang einem Breitenkreis, so haben wir alle Lagen von B mit konstantem  $\angle \zeta$  auf Ebenen mit konstantem Streichen, aber variablem Fallen ( $\angle \psi$ ). Ziehen wir in gleichen Winkelabständen Radien über das Netz als Abbildungen

der verschiedenen Achsenstreichen (Vertikalebene in denen die B liegen, „Achsenebenen“), so ergeben deren Schnittpunkte mit den Meridianen (dunkle Punkte) die Orte der B für das jeweils betrachtete Achsenstreichen auf Ebenen mit konstantem Streichen und variablem Fallen.

Wollen wir sehen, wie die B-Punkte verlagert werden, wenn sich das Flächenstreichen oder das Achsenstreichen ändert (z. B. auch durch den Fehler einer unrichtigen Einmessung gegenüber der Wirklichkeit), so überlagern wir ein durchsichtiges Netz konzentrisch über ein fixes, verdrehen es gegen das untere und beachten die Verschiebung der B-Punkte etc. bei der Drehung.

Ändert man (Abb. 15) das s-Fallen von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ , so ändert sich das Achsenfallen bei konstantem Achsenstreichen mit zunehmendem s-Fallen ( $\psi$ ) immer schneller zunehmend von  $\psi = 0^\circ$  bis  $\psi = 90^\circ$ . Diese Zunahme selbst wächst umso rascher, je geringer die Divergenz zwischen s-Streichen und Achsenstreichen ist. Das heißt z. B., daß bei einer Divergenz zwischen s-Streichen und Achsenstreichen von nur  $10^\circ$  ein Fehler von  $5^\circ$  beim Ablesen von  $\psi$ , für flache s-Lagen nur einen kleinen Fehler für das Achsenfallen mit sich bringt, für steile s-Lagen einen sehr großen. Ähnliches gilt für den  $\sphericalangle \zeta$  zwischen s-Streichen und B-Achse. Schreiben wir dem  $\sphericalangle \zeta$  eine konstante Größe vor für alle  $\psi$  von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ , so liegen die B-Achsenpole auf den senkrecht zum s-Streichen verlaufenden Breitenkreisen der Lagenkugel und man sieht in der Projektion (Abb. 15) sogleich, daß die Divergenz zwischen Achsenstreichen und s-Streichen begrenzt ist: Sie kann nicht größer werden als  $\sphericalangle \zeta$  (zwischen s-Streichen und B-Achse gemessen auf s).

Alle diese Zusammenhänge sind also aus dem Netz ohne weitere Beweise ablesbar. Von dieser Darstellung kann man auch ausgehen, um die Genauigkeit verschiedener Einmeßverfahren zu beurteilen und gegeneinander zu halten.

1. Bei dem älteren Verfahren mißt man Streichen und Fallen von s und von B direkt durch Anlegen des Kompasses und Visieren. Die Eintragung der Daten ergibt meist ein durch Meßfehler außer s fallendes B.

2. Bei den neueren Verfahren mißt man Streichen und Fallen von s ganz wie bei 1, also mit gleichen Fehlern. Die dann noch benötigte Messung von  $\sphericalangle \zeta$  ist praktisch ohne Fehler durchführbar.

Der Fehler beim Einmessen von Streichen und Fallen von s ist im ersten Verfahren unwirksam für die unabhängige Einmessung von B; im zweiten Verfahren aber wirksam, wie aus einem Netz ablesbar. Für B-Achsen, welche zwischen Fallen und Streichen von s liegen, wird die Konstruktion von B folgendermaßen fehlerhaft: Der durch unrichtiges Ablesen des Fallens von s ( $\psi$ ) entstehende Fehler in der Eintragung von B wächst für zunehmendes  $\zeta$ , bis er im Grenzfall  $\zeta = 90$  den durch Ablesen von  $\psi$  gemachten Fehler erreicht; wie ein Blick auf das Netz ergibt. Der durch unrichtiges Ablesen des Streichens von s entstehende Fehler in der Eintragung von B wächst mit zunehmendem  $\zeta$  und abnehmendem  $\psi$ , bis er im Grenzfall den beim Ablesen des Streichens von s gemachten Fehler, also höchstens einige Grade, erreicht. Man überzeugt sich davon, indem man eine Oleate mit Breitenkreisen (= geometrische Orte für B bei allen  $\zeta$  und  $\psi$  und Streichen durch das Zentrum der Breitenkreise) dem darunterliegenden Netz gegenüber in ein etwas anderes Streichen verdreht.

Die beim Einmessen von  $s$  gemachten Fehler sind für beide Verfahren gleich. Während aber beim ersten Verfahren die direkte Einmessung von  $B$  erfahrungsgemäß größere Fehler bringt als die Einmessung von  $s$ , bleiben beim zweiten Verfahren die Fehler für die Eintragung von  $B$  unter denen der Einmessung. Mithin ist das zweite Verfahren das genauere.

In den Gebieten, welche folgenden allgemeineren Erörterungen zugrunde liegen, fällt  $B$  auf ein Scherflächen- $s$  und von dieser Sachlage wird ausgegangen, während ein anderer Fall — nämlich  $B$  fällt nicht auf ein feldgeologisch wahrnehmbares  $s$  — hier unbetrachtet bleibt.  $B$  ist durch

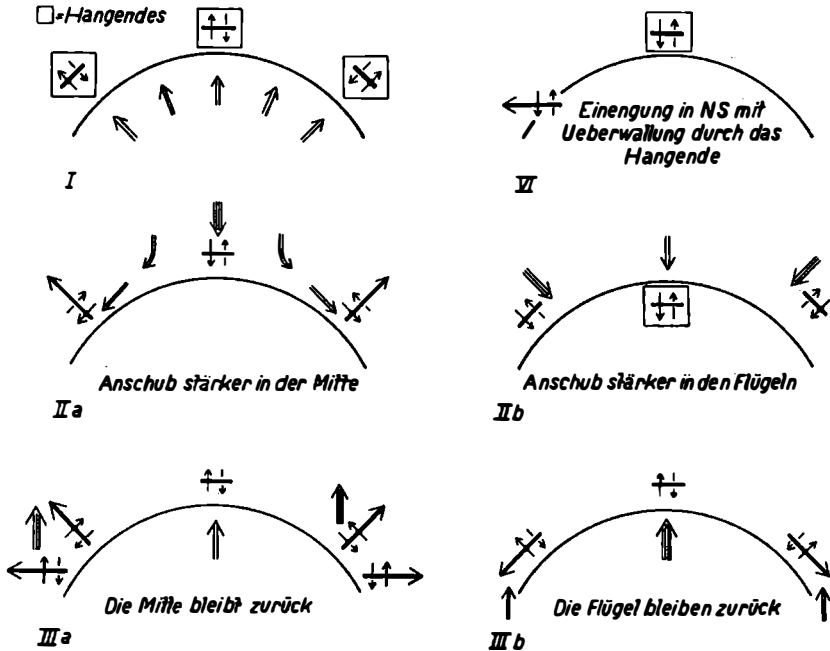


Abb. 16.

fallende, biegegleitende oder mit einer Scherfläche in  $s$  liegende scherende Bewegung  $\perp b$  auf der Fläche  $s$  erzeugt und in allen Fällen mit Symmetrieebene  $\perp B$  auch senkrecht auf das zur ebengenannten Bewegung in  $s$  gehörige „a“ angeordnet. Asymmetrische Abweichungen von der zu  $B$  gehörigen Symmetrieebene  $\perp B$  im Korngefüge sind genau zu kontrollieren und in Übersicht zu stellen, auch was deren eventuelle Zuordenbarkeit zur Lage von  $B$  im Bewegungsbild eines größeren Bereiches anlangt. Derartiges  $B$  ist mithin mit der ersten Anlage, Ausarbeitung oder Umstellung, also mit einer früheren oder späteren Betätigung von  $s$  als Gleit Ebene verbunden und damit gleichzeitig angelegt. Anschließend an rein geometrische Zusammenhänge lassen sich folgende Fälle allgemein unterscheiden ( $\propto \zeta = B \wedge s$ -Streichen;  $\propto \psi = s$ -Fallen) und durch Glasplattensätze mit aufgezeichneten  $B$  veranschaulichen.

I.  $\zeta$  und  $\psi$  wachsen gleichzeitig von  $0^\circ$  gegen  $90^\circ$ ; in Worten: s und B stellen sich gleichzeitig steil: Steilerem s-Fallen, also zunehmender tektonischer Einengung quer zum s-Streichen ist auch zunehmende tektonische Einengung parallel zum s-Streichen zugeordnet. Das Bewegungsbild entspricht z. B. einem tektonischen Transporte eines Bereiches in zunehmend enge und steilachsige Umschließung, also in der Erdrinde etwa einer zunehmenden Versenkung eines Bereiches mit anfänglich söhligem s-Gefüge in einer Verschluckungszone. Vielleicht bedeutet dieser Fall des Transportes in zunehmende Tiefe die häufigste Entstehung steilachsiger Gebiete.

II.  $\psi$  wächst von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  und gleichzeitig damit nimmt  $\zeta$  ab von  $90^\circ$  bis  $0^\circ$ : B liegt um so mehr im s-Streichen, je stärker s einfällt. Wir würden, wenn z. B. die Abnahme von  $\zeta$  und die Zunahme von  $\psi$  in einem Profile von N gegen S erfolgt, schließen, daß im N ein ostwestlich eingegengtes söhliges Gebiet — mit N-S laufenden horizontalen B-Achsen — liegt, gegen welches im Süden Andrängen von S gegen N erfolgt; dieses erzeugt schließlich WE streichende horizontale B-Achsen in steilem WE streichendem s-Gefüge.

III. Der Fall, daß sich  $\psi$  ändert und  $\zeta$  konstant bleibt — wobei alle B auf einen Kegel (Kleinkreisbogen) um das s-Streichen mit Öffnungswinkel  $2\zeta$  fallen, kann über einen in bezug auf B und s inhomogenen Bereich zustandekommen, wenn während einer rotationell um das s-Streichen erfolgenden Aufrichtung von s mit verschiedenem  $\psi$  ein über diesen Bereich schon vor der Aufrichtung homogen angelegtes B erhalten bleibt.

IV. Es ist geometrisch möglich, daß das Streichen und Fallen von s, also  $\psi$  in einem „isoklinen“ Bereiche konstant bleibt und daß sich, wenn man ins Hangende oder ins Liegende von s zu s geht,  $\zeta$  jeweils zunehmend oder abnehmend ändert; wobei sich das Achsenstreichen notwendig gleichsinnig mitändert. Was wir in diesem Falle begegnen ist ein inhomogener Bereich mit folgenden Merkmalen: Auf dem einzelnen s sind die B-Achsen untereinander parallel. Gehen wir von einem s aus in ein liegendes oder hangendes s des isoklinen Paketes, so ändert sich  $\zeta$  wie beschrieben: Jedes miteinander parallele B tragende s ist gegenüber dem hangenden und dem liegenden s um eine Achse  $T \perp s$  mit gleichsinnig zunehmendem Betrage verdreht. Dieser Betrag  $\zeta_1 - \zeta_2$  usw. ist auf die Entfernung zwischen  $s_1$  und  $s_2$  zu beziehen und leicht meßbar. Die Lage der Torsionsachse T, das heißt, deren Durchstichpunkt auf s ist nicht bestimmbar. Kennzeichnend dafür, daß es sich um eine tordierende Verlagerung vorher schon vorhandener B-Achsen handelt ist der Umstand, daß die B eines und desselben s untereinander parallel, die B verschiedener s in der beschriebenen Art zueinander windschief sind.

Daran ist dieser Fall zu unterscheiden von den syntektonisch zur Torsion um T entstehenden (nicht schon vor der Torsion vorhandenen) B. Diese entstehen auf jedem s schon konvergent, also inhomogen auf s, derart, daß sie sich in T schneiden, so daß die Lage des Durchstichpunktes von T auf s bestimmt ist. Diese B-Achsen liegen als Radien um T als Zentrum. Im Kleinbereich begegnen wir im Falle der syntorsionalen B wie der vortorsionalen B-Achsen echte B-Achsen mit der regelnden Bewegung  $\perp B$ ; im genügend großen Bereiche sind beide an den angegebenen Merkmalen voneinander unterscheidbar. Vortorsionale  $B_v$  und syntorsionale  $B_s$

schneiden sich im allgemeinen  $B_v \wedge B_t$  (wie ja auch letztere untereinander) schon auf demselben s.

Durchschreiten wir z. B. nach N gehend einen N-fallenden WE streichenden isoklinen Bereich aus s Flächen auf welchen B-Achsen mit zunehmenden  $\zeta$  liegen, so ist das Hangende für den darauf stehenden Beobachter im Uhrzeigersinn gegen das Liegende um Achse T verschwenkt. Das von der Analyse gelieferte Bewegungsbild des inhomogenen Bereiches „J“ ist bei der Synthese der Bewegungsbilder größerer Bereiche einzusetzen, nachdem man mit Hilfe des oben angeführten Merkmales Parallelismus (1) oder Konvergenz (2) der auf demselben s liegenden B unterschieden hat, ob vortorsionale (1)  $B_v$  oder syntorsionale (2)  $B_t$  vorliegen. Hierbei ist zu beachten, daß sich syntorsionale  $B_t$  auf einem s erst im Fußpunkt von T auf s schneiden.

Sie erscheinen also im allgemeinen im Handstückbereich miteinander parallel, da die Konvergenz erst nahe dem Fußpunkt von T schon im Kleinbereiche sichtbar wird. Wenn man also ein s mit einander schiefwinklig schneidenden B-Achsen bedeckt findet, so handelt es sich um aufeinander überprägte B-Achsen: Vortorsionale + syntorsionale; oder mehrere syntorsionale mit verschiedenen T; oder auch mehrere nicht torsionale falls wir uns nicht in einem inhomogenen Bereich J (wie oben gekennzeichnet) befinden. Die Handstückbereiche für sich lassen echte B-Achsen und nichts von der Inhomogenität von J erkennen auch wenn sie aus J stammen.

Neben solchen Betrachtungen im Anschluß an Lagenkugelprojektionen (für homogene) und an Glasplattensätze mit Aufzeichnungen (für inhomogene Bereiche) kann man auch die früher erörterten Kriterien für den Relativsinn der Bewegung  $\perp$  B in den Dienst der Analyse von Bewegungsbildern genügend stetig durchbewegter Bereiche stellen. Ein Beispiel für diese Möglichkeiten wird in erster Annäherung an Verhältnisse im Tauernbogen nun erörtert.

Wir betrachten zunächst ein WE streichendes s-Gefüge, das nach N fällt. Nur für  $\zeta = 0^\circ$  und  $\zeta = 90^\circ$  kann monokline Symmetrie mit vertikaler NS-Spiegelebene für das ganze s-Gefüge in allen Bereichsgrößen bestehen. Für  $0^\circ < \zeta < 90^\circ$  besteht Asymmetrie oder fastmonokline Symmetrie mit triklinen Zügen. Diesfalls wird angesetzt, daß B nach Westen einfällt. Es besteht dann, je nach dem Relativsinn der Teilbewegungen  $\perp$  B die Möglichkeit für folgende vier Bewegungen in homogenen oder fasthomogenen Bereichen: A) Hangenderes (= Nördlicheres) gleitet über Liegendes (Südlicheres) entweder a) nach Osten-abwärts („ostabwärts“) oder b) nach Westen-aufwärts; B) Liegendes gleitet unter Hangendem entweder a) nach Westen aufwärts oder b) nach Osten abwärts. Fall A a ist von B a und ebenso Ab von Bb nicht unterscheidbar, falls wir nicht aus dem tektonischen Großgefüge Anhaltspunkte besitzen. So lassen z. B. die für diesen Zweck in SANDER 1930 (S. 38, 43—46, Fig. 23, 24 u. a.) dargestellten Bereiche ablesen, ob die Beträge der Relativverschiebung nach oben (Fig. 23) oder nach unten (Fig. 24) zugenommen haben. Das bedeutet im ersten Fall das Abklingen eines teilbewegten Horizontes gegen unten und ist bezeichnend für die untere Grenze eines durchbewegteren Stockwerkes (M) in einem tangentialen Transporte. Im zweiten Falle befinden wir uns entweder im Abklingen eines stärker teilbewegten Hori-

zontes (M) gegen oben, wie es auch einer wirklichen Unterschiebung (Unterströmung) entsprechen kann, oder wir befinden uns an der Unterfläch eines weniger teilbewegten Transportes, an welcher die zugehörige Teilbewegung des Untergrundes abklingt. Alle diese Fälle läßt erst das Gesamtbild der tektonischen Großbereiche unterscheiden und wir begegnen damit ein wichtiges Beispiel für erst aus dem tektonischen Großgefüge restlos deutbare Kleingefüge. Sind hierfür genügend große (namentlich tiefe) Bereiche nicht aufgeschlossen, so ist man nicht berechtigt, Liegendes oder Hangendes als fix in ein Bewegungsbild einzusetzen. Auch in großen Bereichen ergibt sich aus den Teilbewegungen aneinander vorbeibewegter Bereiche nur die Relativbewegung dem Sinne und bisweilen auch dem Betrage nach. Übrigens ist selbst die oft gehandhabte Annahme, daß das weniger Durchbewegliche, das Starrere, auch das Ruhende — das leichter Durchbewegliche, z. B. ein Schmelzfluß, auch zugleich das Bewegte, z. B. das Intrudierende gewesen sei, zuweilen eine bloße Annahme. Dieselbe Relativität wie die tangentialen Aneinandervorbeibewegungen zeigen die radialen Aneinandervorbeibewegungen in der Erdrinde soweit man sie mit wirklichen Merkmalen erörtern will, nicht nur als gedankliche Möglichkeiten. Wo man jener Relativität der erschließbaren Bewegungen und damit der Relativität der Bewegungsbilder nicht Herr wird, läßt sich weder zwischen Unterströmung und Oberströmung noch zwischen einem Aufwärtsbau und Abwärtsbau („Aufbau“ und „Abbau“ KRAUS) der Gebirge entscheiden. Und es ist gelegentlich ebenso lehrreich, Profile mit Vertauschung von N und S wie mit Vertauschung von unten und oben zu betrachten, wenn man erkennen will, wie weit sich diese Lagen nur durch ultratektonische Zusätze in den Profilen voneinander grundsätzlich unterscheiden.

Für  $\zeta = 0$  laufen die B-Achsen horizontal. Ihre Prägung ist möglichst daraufhin zu analysieren, ob sie — was z. B. ihr Verhältnis zu den Kristallisationen der einzelnen Minerale anlangt — zum Bewegungsbilde gehören, in welchem s isoklin und steilgestellt wurde oder nur mit gleicher Symmetrieebene (z. B. vertikal NS) aufgeprägt sind. Diese Symmetrie ist im Korngefüge zu kontrollieren. Sie ist in den Tauern regelmäßig ohne triklinen Züge bei genau horizontalem B und kann solche Züge bei geneigtem B zeigen. Die Relativbewegung in s — ablesbar z. B. aus B als Faltenachse — ergibt wenn statistisch im Felde verfolgsbar, je zwei Möglichkeiten: 1. Hangendes nach N oder Liegendes nach S verschoben. 2. Hangendes nach S oder Liegendes nach N verschoben. Für  $\zeta = 90$  laufen die B-Achsen in der Fallrichtung von s. Die Symmetrieebene NS kann gewahrt sein, wenn B durch Stauchfalten mit dieser Symmetrieebene gegeben ist. Das ist in Bereichen mit entsprechend symmetrischer Einengung von E und W der Fall und weist auf solche. Sehr oft aber ist B ohne N-S-Symmetrieebene und entspricht mit ablesbarer Relativbewegung einer Verschiebung des Hangenden gegen W oder gegen E, bzw. des Liegenden gegen E oder gegen W. In diesen für  $\zeta = 90$  unterschiedenen Fällen ist die Prägung der B-Achsen nicht die Teilbewegung zu den Transporten in der N-S-Ebene. Wir betrachten nun hinsichtlich der Relativverschiebungen den Bereich mit konstantem  $0 < \zeta < 90$  bei westeinfallender B-Achse und wie bisher konstantem s-Fallwinkel  $\psi$ . Für solche Bereiche

ist die Vertikalebene NS in keinem Falle Symmetrieebene. Der Bereich fügt sich also nicht in ein Bewegungsbild mit dieser Symmetrie, sondern ist eine gesonderter Erklärung bedürftige Inhomogenität, wo er in einem solchen auftritt. Das Gefüge der B-Achsen hat entweder selbst eine Symmetrieebene  $\perp$  B oder nicht. Im ersten Falle ist der Relativsinn der Bewegung in s entweder 1 oder 2 des Folgenden.

1. a) Hangendes nach Osten — unten verschoben, bzw. b) Liegendes nach Westen — oben verschoben.

1a läßt sich in ein Bewegungsbild stellen, wie es am rechten Ufer eines Transportes entsteht, der ein relativstarrs Hindernis am rechten Ufer, etwa das Westende der Tauerngranite umfließt und überfließt.

1b ist in einem Bewegungsbilde zu erwarten, wie es sich z. B. im Westflügel eines granitischen nordkonvexen relativstarrs Bogens bei dessen Auftauchen ergeben kann.

2. a) Hangendes nach Westen — oben verschoben, bzw. b) Liegendes nach Osten — unten verschoben.

2a ist z. B. einem Bewegungsbilde naheliegend, wie es sich im Westflügel eines von N her überwallten relativstarrs granitischen Teilbogens ergibt.

2b könnte dann dem Untersinken eines solchen Bogens entsprechen.

Die Abb. 16 bringt in schematische Übersicht, welche Achsenarten einem zweiflügeligen starrerem halbmondförmigen symmetrischen Teilbogen entsprechen würden, wie er aber in den westl. Tauern (s. Gebiet östl. Gerlos!) nicht vorliegt. (Dicke Striche = B-Achsen, Pfeile  $\perp$  B = Relativbewegung  $\perp$  B-Pfeil am Achsenende = Achsenfallen.)

I. Für den Fall des Auftauchens gegen N mit zurückbleibenden Flügeln und abfließender Oberhülle (steil aufragender Halbmond).

II. Für den Fall des Überwalltwerdens von N gegen S, bzw. des Untertauchens von S gegen N (wie I).

III. Für den Fall einer Deckenstirne (= starrerem Teilbogen), bzw. für den Fall eines nordwärts fließenden Bewegungshorizontes, der eine starrere Schwelle (= der starrere Teilbogen) oder auch Deckenstirne überschreitet (gegen N).

Betrachten wir den Zillertaler-Tuxer Gneiskern vom Brenner bis zum Ostende östl. Gerlos so ist das ein von WSW bis ENE oblonges Element, dessen verschiedene achsiale Prägungen im westl. Teil von mir seit langem (vgl. 1921), im nordöstl. Teile (Pinzgau) von FUCHS seit 1940 untersucht, im südöstl. Teil (oberstes Ahrntal) noch ununtersucht sind. Diese Gneise mit ihrer Hülle bilden also keinen symmetrischen Bogen; ob die Tauern als Ganzes einen solchen bilden ist derzeit nicht völlig bekannt aber unwahrscheinlich. Hier ist also vorläufig nur das Westende der Zillertal-Tuxer Gneise mit ihrer Hülle zu betrachten. Dieses entspricht nach meinem Ermessen am besten dem Westflügel des Falles IV und III (a) in der Abb. 16. Diese beiden Fälle können sich überlagern, denn im Bewegungsbilde einer Einengung sind Transporte in jedem Sinne in der Symmetrieebene der Einengung zu erwarten.

Außer auf die schematisierten Möglichkeiten für Zusammenhänge zwischen tektonischem Bewegungsbild an Achsengefüge im Bereiche eines



relativstarrten Granitbogens und seiner Hülle ist, wie schon oft (vgl. 1930, 1936 b) auf den Zusammenhang zwischen Bewegung  $\perp B$  und  $// B$  in einem solchen Bewegungsbilde hinzuweisen.

Das Entscheidende für Gefügesymmetrie und Kinematik ist, daß Hauptdrucke bei Prägung der Achsen, in einer Ebene  $\perp B$  liegend, die B-Achsen, einer pressenden Hand vergleichbar, umfassen. In zweiter Linie ist darauf einzugehen, wie weit im betrachteten Bereiche summierbare Verlagerungen  $\perp B$  und  $// B$  erfolgen, an deren Vereinbarkeit mit der „umfassenden und pressenden Hand“ wiederum die Alltagserfahrung und das Gefügebild der B  $\perp$  B'-Gefüge erinnern mag. Die Gefügekunde hat nicht einen der drei möglichen Fälle (Transport  $\perp B$ , Transport  $// B$ , kein tektonisch merklicher Transport) von vornherein zu bevorzugen, sondern fallweise daraufhin zu analysieren, welcher vorwaltet. Hiefür stehen symmetrologische Betrachtungen an erster Stelle. Die Feststellung, wie die Abbildung der Vektoren im Gefüge vor sich geht, steht in diesem Zusammenhange an zweiter Stelle und ist für Tektonite fallweise zu behandeln unter Beachtung der hiefür seit je eingeführten Unterscheidung von mechanischer Korndeformation und Kristallisationsbewegung, unmittelbarer und mittelbarer Teilbewegung, der verschiedenen gedanklichen Möglichkeiten für das Zustandekommen von geregelten Gefügen. Unter diesen Prinzipien sind heute noch nicht alle mit Merkmalen im Gefüge aufgezeigt — so z. B. nicht das RIEKE'sche Prinzip — alle aber für die Gefügekunde überhaupt nur durch Aufzeigen eindeutiger Merkmale am Naturkörper oder im Experiment nachweisbar, nicht durch theoretisch physikalische Betrachtungen über Möglichkeiten.

Der erste eben schematisch erörterte Fall eines tektonischen Bewegungsbildes mit flächigem und linearem Parallelgefüge betraf in Anlehnung an Verhältnisse am Tauernwestende — an deren Wiederkehr in den Tauern und ähnlichen Gebieten niemand zweifeln wird, der nicht nur regional-, sondern auch allgemeingeologisch denkt — Bereiche mit konstantem s-Streichen.

Es wird also in Anlehnung an Verhältnisse, wie sie sich im Brixner Quarzphyllit nachweisen lassen, noch ein Beispiel für die Analyse eines Gefüges aus s-Flächen und B-Achsen (kurz geschrieben, eines S-B-Gefüges) mit wechselndem s-Streichen, kurz angeführt.

In einem solchen Falle wechselt das s-Streichen um  $\sphericalangle \rho = \text{etwa } 90^\circ$ . Der Winkel, den die beiden s miteinander bilden, ist  $s_I \wedge s_{II} = \text{etwa } 50^\circ$ . Die Ebenen tragen B-Achsen mit einer Differenz des Achsenstreichens von etwa  $30^\circ$ . Es differieren also im Streichen die Ebenen um  $60^\circ$  stärker als die Achsen. Der Winkel zwischen diesen Achsen B' ist etwa  $50^\circ$ , also wie zwischen den Ebenen; mithin sind diese Achsen geometrisch die Lote auf die Schnittgerade der Ebenen  $s_I$  und  $s_{II}$ . Dieser Schnittgeraden selbst entspricht in der Natur eine steile B-Achse B''. Diese Ebene wurde (mit der Knickkante B'') folgendermaßen geknickt.

1. Das Streichen der Teilebenen  $s_I$  und  $s_{II}$  bildete nun den  $\sphericalangle \rho = 90^\circ$ ;  $s_I \wedge s_{II}$  etwa  $50^\circ$ .

2. Die Teile von B' standen  $\perp B''$ ; jeder Teil von B' wies etwas nach abwärts und sie bildeten miteinander  $50^\circ$ , so wie die sie tragenden Teilebenen  $s_I$  und  $s_{II}$ .

3. B" als jüngere B-Achse ebenfalls auf  $s_1$  und  $s_{11}$  sichtbar, fällt ebenfalls noch schief abwärts.

Der Vorgang entspricht einem am „Alpenknick“ mitbeteiligten Knick eines zuerst mit Ausbildung eines flachen B' gegen N ansteigend verschobenen, sodann mit südfallender Knickungsachse B" verengten Quarzphyllitbereiches. Ohne Beachtung der Lineargefüge etwa nur aus dem Flächengefüge ist dies weder im Felde zu erkennen, noch auf der Karte darstellbar, d. h. es ergibt sich die Beteiligung des „dinarischen“ Brixner Quarzphyllits an der „alpinen“ Tektonik auf Grund der Knickbildung ganz ebenso wie für den Brixner Tonalit auf Grund seiner westfallenden Achsen (s. u.).

### Mitteltirolische Achsialgefüge

(Zeichenerklärung und Übersicht der Diagramme Seite 90—92.)

#### 1. Nördlich des Brennerpasses

##### Quarzphyllite (Quarz-Albit-Phyllonite)

Igls b. Innsbruck (Abb. 17)

a) Der Quarzphyllonit selbst zeigt seine s-Pole auf einem steil S-fallenden  $\pi$ -Kreis; dementsprechend flach N fallendes Hauptmaximum  $\beta$  zusammenfallend mit  $\pi$ -Pol, nicht aber damit zusammenfallend das Maximum der B-Achsen. Das verbreitetste B liegt E—W, 20 W. Das ergibt eine nordsüdliche Beinahe-Symmetrieebene gestört durch folgende triklinische Züge:

1. W-Fallen des B-Achsen Hauptmaximums.

2. Die Hauptachsebene für  $\pi$  und  $\beta$  liegt nicht genau NS, sondern etwas nach W gedreht in NNNW,<sup>2)</sup> um 70° anders als am Patscherkofelgipfel (Achsebene WSW).

3. Die Relativbewegungen  $\perp$  zu den angenähert NS streichenden B-Achsen verlaufen: Hangendes gegen W verschoben.

4. Zwei Pressungsgerade etwa 60° SW fallend wurden festgestellt.

Das ergibt eine Prägung mit N—S Symmetrieebene und E—W streichenden Achsen überlagert durch Abgleiten des Hangenden gegen Westen (3). Westeinfallen der B-Achsen (1). Einengung in WE Richtung mit Verstellung von s ( $\beta$ -Pol!), aber meist ohne Prägung korrelater B-Achsen im Handstückbereich. Der die Asymmetrie in diesem Niveau erzeugende tektonische Vorgang wird so gedeutet, daß das Stubai Kristallin als nach W abgleitender und stauender Block wirkte.

b) Der dem Quarzphyllonit konkordant eingelagerte und mit demselben zugleich tektonisierte Tauerngneis Lanser Moor—Sillschlucht, ein viel glimmerärmeres Gestein derselben Serie, hat bei gleichzeitiger Deformation mit dem Phyllonit bestimmte Züge mehr als dieser ausgeprägt. Die s-Pole liegen etwa auf einem Großkreis N 30 E 75 NW. Die  $\pi$ -Achse normal auf diesem Großkreis fällt überein mit einer  $\beta$ -Häufung durch Scherflächen und mit einer B-Häufung. Diese  $\pi$ ,  $\beta$  und B fallen flach nach ESE ein entsprechend einer tektonischen Hauptbeanspruchung etwa

<sup>2)</sup> So wie NNW eine Unterteilung zwischen N und NW bedeutet, werde mit NNNW eine solche zwischen N und NNW bezeichnet (usw.); dies ist nötig, da man sich bei Häufungen mit Streuung nicht auf Winkelgrade festlegen kann.

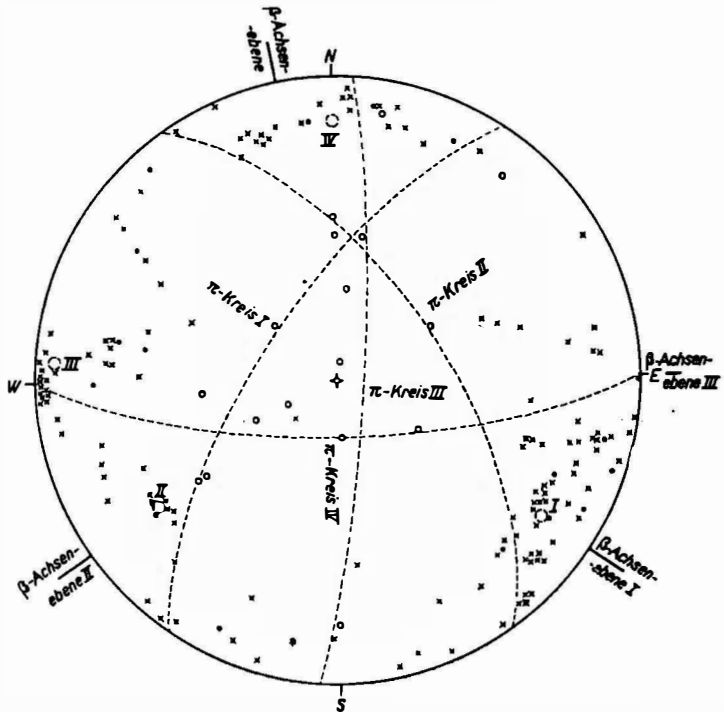


Abb. 17.

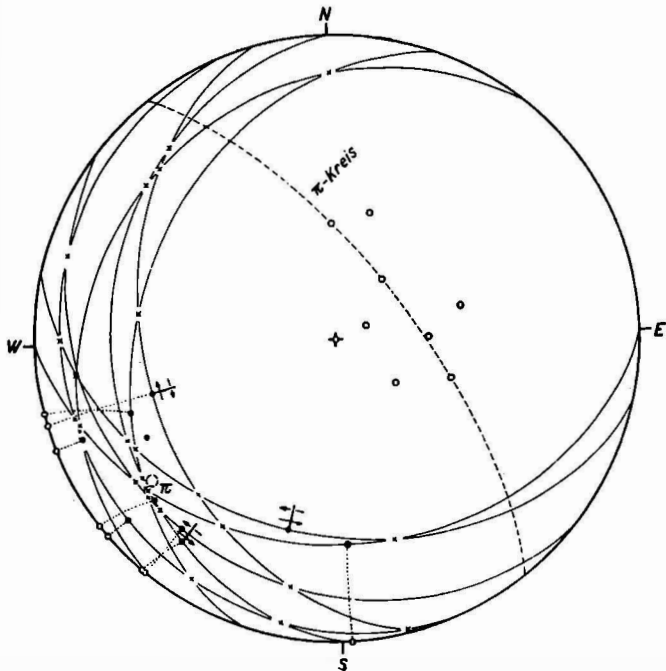


Abb. 18.

in der N 30 E Ebene. Dieses ESE Maximum fehlt im Quarzphyllonit des Iglar Plateaus nicht, tritt aber zurück.

c) Fassen wir Quarzphyllonit und Tauerngneis des Iglar Plateaus in einem Sammeldiagramm zusammen, so ergeben sich zwei Paare von  $\pi$ - und  $\beta$ -Häufungen, jede gelegentlich auch von B-Achsen begleitet. Ein Paar liegt in Ebene S—N und W—E, das zweite etwa in Ebene WSW und ESE. ESE tritt am stärksten hervor und ist am meisten von B begleitet, was einer prägenden Beanspruchung in SW-Richtung entspricht.

#### Stubaier Kristallin der Patscherkofelkuppe (Abb. 18)

$\pi$ ,  $\beta$  und B fallen zusammen in Vertikalebene SW und mit SW-Fallen. Während also bei Igls am Fuße des Patscherkofel die prägende Hauptbeanspruchung etwa in Richtung SW—NE erfolgte, tritt am Patscherkofel-Gipfelbau nur die prägende Beanspruchung in Richtung SE—NW hervor.

Das Stubaier Kristallin der Patscherkofelkuppe zeigt also eindeutig ein letztes Gepräge, welches nicht einem in Meridianrichtung verlaufenden tektonischen Transporte zuordenbar ist; und dasselbe gilt vom tieferen Stockwerke der Quarzphyllonite bei Igls.

Im Horizontale Igls ist N und W besetzt durch  $\beta$  und etwas B; SW durch  $\beta$  und  $\pi$  ohne B; SE durch  $\beta$ ,  $\pi$  und B. Eine Überprägung von B-SW und B-SE auf demselben s ist derzeit am Patscherkofel nicht nachgewiesen.

#### Kamm Patscherkofel—Glungezer (Abb. 19)

Die betonteste Häufung für  $\pi$ ,  $\beta$  und B fällt genau ans Ende der WE-Linie. Ein deutliches Nebenmaximum für  $\beta$  und B fällt in die Ebene N 60 E schwach NE fallend, ein zweites für  $\beta$  und B in die Ebene N 70W schwach NW fallend. Die Besetzung ist also ähnlich Igls, aber mit stärker besetzter WE-Ebene gegenüber Igls und mit B-Häufung in SW, woselbst Igls nur  $\pi$  und  $\beta$  zeigt.

Die Prägung in Igls und am Kamme, zwischen Patscherkofel und Glungezer ist also grundsätzlich dieselbe. Die Patscherkofelkuppe mit nur SW-Maximum für  $\pi$ ,  $\beta$ , B bedeutet also kein Stockwerk, sondern eine lokale Andersprägung oben im Westflügel der Quarzphyllite. Relativbewegung  $\perp$  B im Handstückbereich: Höheres gegen N zwei sichere Fälle, ein fraglicher; Höheres gegen S vier sichere Fälle, zwei fragliche; demnach keine Entscheidung für den Großbereich, wahrscheinlich im Großbereich zweisinnige Relativbewegung (Einengung).

#### Kamm Glungezer—Gamslahner—Kreuzspitze

$\pi$ ,  $\beta$  und B fast WE und horizontal, nämlich etwas WWSW fallend, ist in den N fallenden s-Paketen allein vertreten. Relativbewegung  $\perp$  B im Handstück in beiderlei Sinn beobachtet, also im Großbereich zweisinnige Relativbewegung (Einengung).

#### Kamm Largozer—Haneburger—Mollgrübler

Schließt sich eng an mit vorwaltenden  $\pi$ ,  $\beta$ , B-Achsen horizontal WE im N fallenden s-Paket; eine B-Achse genau N fallend mit Relativsinn: Höheres gegen W.

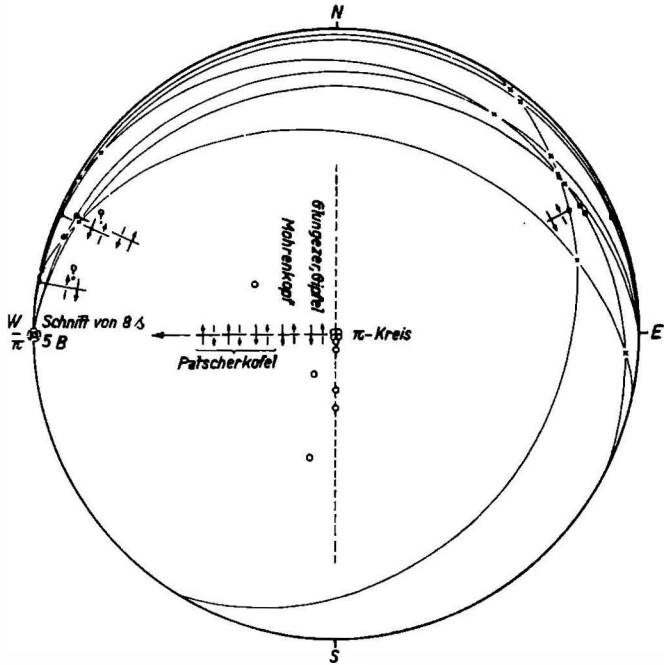


Abb. 19.

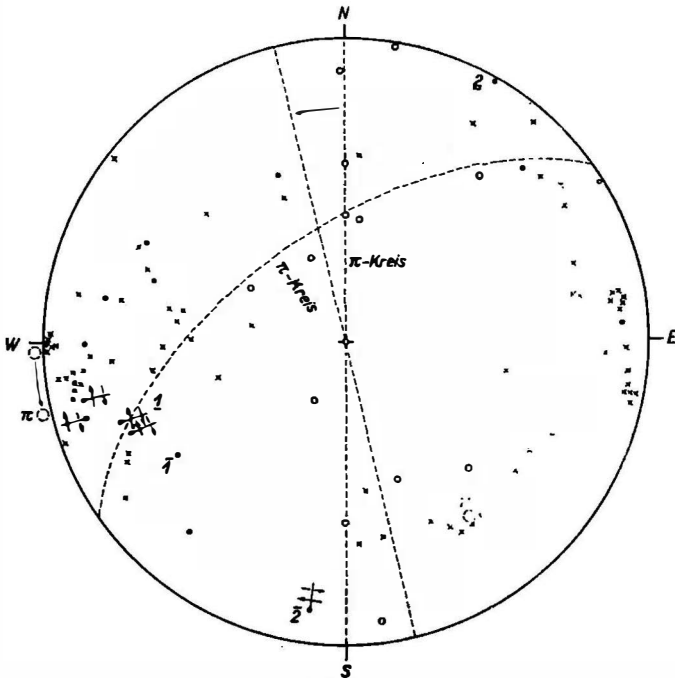


Abb. 20.

### Hinteres Voldertal (Steinkaser)

$\beta$  und B tritt wie im Kamme Glungezer-Kreuzspitze am meisten in der Vertikalebene WSW, und zwar schwach ENE fallend auf; in WNW Ebene nur  $\beta$ -Häufung ohne B. An westfallendem B einmal beobachtet: Höheres gegen S.

### Navisjoch — Grafmarter — Grünberg

Betonteste Häufung für  $\beta$  und B NE fallend; WNW-Häufung nur für  $\beta$ ;  $\beta$  und B-Häufung in der WE-Ebene. Relativbewegungen  $\perp$  B: Höheres gegen S (2 Fälle); Höheres gegen E (1 Fall).

Interferenz der B-Achsen: In allen drei beobachteten Fällen sind die NE fallenden B-Achsen deutlich jünger als die WE streichenden.

### Quarzphyllonite (des Gebietes der Wattener Lizum und des Tarntaler Mesozoikums (Abb. 20))

Bringt man die Messungen von Winterweg Lizum, Klammjoch, Hennensteige und Möls nebeneinander, so ergibt sich sehr deutlich ein vollbesetzter s-Polkreis vertikal NS. Die Verstellung von s erfolgt also um eine horizontale ostwestliche Großachse, der folgerichtig auch eine  $\beta$ -Häufung entspricht, nicht aber die Häufung der auf s auftretenden B. Diese fallen zusammen mit begleitenden  $\beta$  in den NE und SW Quadranten und lassen namentlich die WSW-Häufung hervortreten. Nach SE fällt nur eine  $\beta$ -Häufung ohne B; in derselben Vertikalebene nach WNW fallen einige B.

Überblicken wir alle Quarzphyllonite des (inhomogenen) Gebietes, so ist außer der erwähnten ostwestlich-horizontalen Zonenachse für s (mit dem NS s-Polkreise) noch ein s-Polkreis mit NE-Streichen steil NW fallend angedeutet; dies entspricht einer Verstellung von s durch eine Pressung in der NE—SW-Richtung, welche, wie bemerkt, nicht zur Anlage von B im Handstückbereich führte.

Die Relativbewegung  $\perp$  B erfolgte in allen beobachteten Fällen als Höheres gegen N.

Interferenz von B: Finden sich auf demselben s zwei gekreuzte B-Achsen, so ist die flachere B-Achse mit der genauer in WE fallenden Achsenebene (Vertikalebene) die jüngere. Das entspricht einer Aufrichtung von mit älteren B-Achsen besetzten s und einer neuerlichen NS-Einengung und einer der Aufrichtung entsprechenden Überprägung mit dem jüngeren B.

Von den im nördlicheren Quarzphyllonit schon begegneten Häufungen ist also im Lizumer Gebiete vertreten: WSW für  $\beta$  und B am stärksten; SSE für  $\beta$ ; OW für  $\beta$  und etwas B.

Das ganze Gebiet der Quarzphyllonite nördlich des Tauernwestendes läßt sich also kennzeichnen durch die örtlich verschiedene Ausprägung von Häufungen schon im Handstück oder erst in größeren Bereichen reellen linearen Parallelgefüges ( $\beta$ , B) für schematische Übersicht etwa in den Vertikalebenen (NS); OW; SW; SE. Am Patscherkofel-Gipfelbau ist Einengung in NW—SE allein prägend; im Gebiet von Igls und Lizum ist Einengung in NE—SW-Richtung merklich prägend; streifenweise (Patscherkofel—Glungezer und südlich davon) tritt fast nur die Einengung in NS-

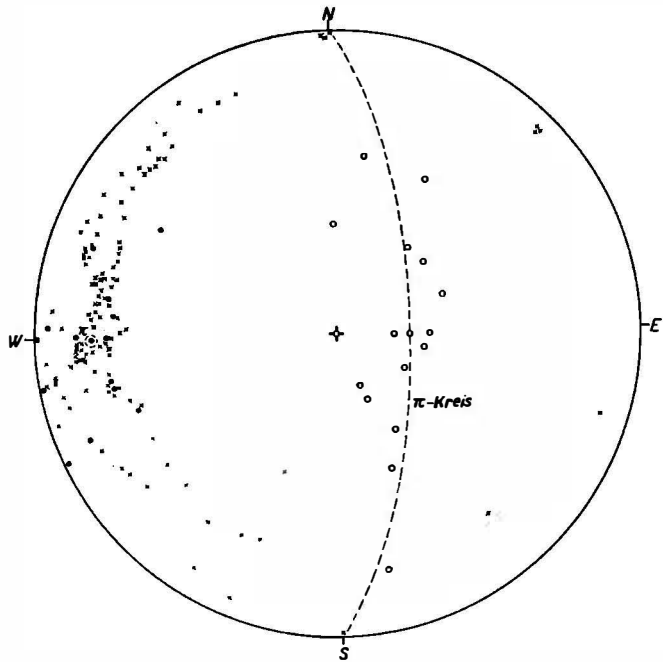


Abb. 21.

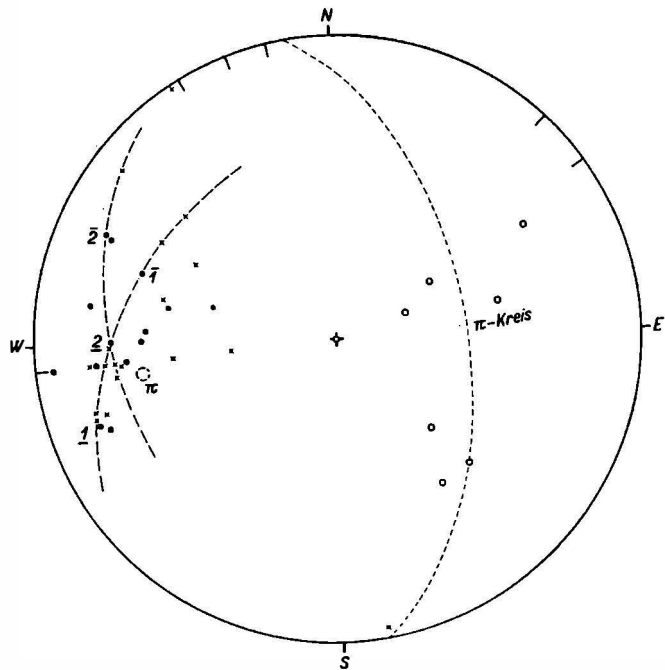


Abb. 22.

Richtung hervor, im Lizumer Gebiete als jüngste Prägung, während westlich davon die Einengung in SE—NW-Richtung wie am Patscherkofel die letzte ist.

#### Brennersenke—Gries—Steinach (Abb. 21)

Die Quarzphyllonite, welche am Tauernwestende über den Kalkphylloniten und dem Mesozoikum folgen, fallen mit  $s$  am Sattelberg (etwas nördlich des Brennerpasses) NNW, NW und W, am Padauner Berg NW und W, weiter nördlich bei Gries am Obernbergtalausgang aber SW und W, am Felperbach bei Steinach N, S und W. Sie liegen also nicht etwa wie die Schieferhüllen des Tauernwestende mit  $s$  ummantelnd, sondern mit west-einfallender  $\beta$ -Achse gefaltet, wobei im N südfallendes  $s$ , im Süden nordfallendes  $s$  neben westfallendem  $s$  vorwiegt, was alles auf der Karte unmöglich ablesbar ist. Die  $s$ -Pole liegen auf einem NS streichenden  $70^\circ$  ostfallenden Großkreis, aber, wie bemerkt, nicht etwa einem einfachen Mantel um das Tauernwestende entsprechend, sondern mit nordsüdlicher Einengung quer zu der  $20^\circ$  westeinfallenden  $\pi$ -Achse, mit welcher sowohl der Schwerpunkt der horizontalen bis  $30^\circ$  westeinfallenden  $B$  zusammenfällt als auch ebenso der Schwerpunkt der  $\beta$ , welche letzteren aber, im Gegensatz zu den  $B$ , die ganze Peripherie Nord über West bis Süd besetzen (s. Abb.). Diese langgedehnte  $\beta$ -Häufung mit demselben Schwerpunkt wie die viel konzentriertere  $B$ -Häufung ist das eindeutige Abbild einer westfallenden  $B$ -Achse in einem mit gleichem  $B$  westfallenden Faltenpaket, dessen Schenkel die  $\beta$ -Besetzung liefern und wird hier als Beispiel für eine Synthese aus den Handstücken eines sehr lückenhaft aufgeschlossenen Gebietes wiedergegeben, in welchem andere tektonische Aufnahmeverfahren nichts von diesem Aufbau ergaben. Dem Aufbau entspricht eindeutig eine faltende Einengung der Quarzphyllonite über den gegen W untertauchenden Tauerngneisen.

Auch am Quarzit des Felperbaches bei Steinach wiederholt sich noch der Bau mit W-fallenden  $\beta$  und  $B$ , aber derart, daß sowohl  $\beta$  als  $B$  sowohl nach NW als nach WSW fallen. Das weist darauf, daß die (hier flache WE-Wellen erzeugende) NS-Einengung ein bereits mit NW- $B$  und mit WSW- $B$  überprägtes Gebiet wölbt.

Die hier dann an meine Arbeit anschließende Aufnahme des Lineargefüges in den Tektoniten und namentlich in den Quarzphylloniten westlich des Brenner wurde von Herrn FUCHS im Innsbrucker Institute durchgeführt und darüber 1939 berichtet. Im Bereiche des Bergbaues auf die Anthrazitkohle des Nöblacher Joches wurden die Achsenlagen von O. v. SCHMIDEGG aufgenommen.

#### Kalkphyllite (Karbonat-Albit-Phyllonite)

##### Gries—Steinach (Abb. 22)

Im Felde begegnet man ein Musterbild einformig nach W fallender  $B$ -Achsen (Stengel und Falten mit scharfen Klüften  $\perp B$ ). Die auf den Faltenschenkeln gemessenen  $s$  der Handstücke haben ihre Pole auf einem steil E fallenden  $\pi$ -Kreis ( $\perp$  Faltenachse  $B$ ) mit einer Streuung von  $50^\circ$ , während die Streuung des Streichens dieser  $s$   $150^\circ$  beträgt. Diese Verstellung von  $s$  kann geometrisch weder mit vertikalen — beide Streuungen



müßten gleich sein — noch mit horizontalen — das Streichen hätte keine Streuung — B-Achsen (der Faltung) erfolgt sein; also nur mit schiefen, wie solche ja auch aufgeschlossen unselten sichtbar sind. Nach W fallenden Falten, auf deren Schenkeln die  $s$  gemessen wurden, entspricht auch die nach W fallende  $\beta$ -Häufung (zusammenfallend mit  $\pi$  etwa 25 WWSW fallend), welche zugleich (wie in Astegg am N-Rand der Gneise) in der Symmetrieebene des  $s$ -Flächen-Bildes liegt. Auch die B-Häufung fällt mit  $\pi$  und  $\beta$  zusammen.

Die Interferenzen älterer und jüngerer B auf gleichem  $s$  ergeben: Die jetzt nach WNW fallenden älteren B-Achsen sind gegenüber den jetzt nach W fallenden später aufgeprägten B-Achsen im Uhrzeigersinn verschwenkt. Diese Erscheinung auf flachem  $s$  ( $30^\circ$  und  $35^\circ$  gegen W fallend) könnte entsprechen einer Verschwenkung der ursprünglich in W-Richtung aufgeprägten älteren Achsen nach N korrelat zum Vorgehen der westlichen Gebiete nach N am Querriegel der Tauern vorbei, wonach wieder in W-Richtung die jüngeren B-Achsen aufgeprägt wurden. Es wäre aber auch möglich daß eine Faltung mit W—E Achse ein älteres B mit WNW—ESE Achsenebene auf  $s$  schon vorfand. Bei genügend zahlreichen Messungen läßt sich dies prüfen indem man die B tragenden  $s$  in die Horizontalebene rotiert und prüft ob die fraglichen WNW—ESE B sodann ein schwächeres Maximum besitzen.

Hinteres Schmirntal (Phyllonite; meist Kalkphyllit)  
(Abb. 23, 24)

Es lassen sich nun die Parallelgefüge am N-Rand der Tauerngneise den bereits dargestellten am Westrand gegenüberstellen.

Ebensowenig wie am Westrande handelt es sich am N-Rande um eine einfache Ummantelung der Gneise. Für den N-Rand habe ich diesen Umstand seit 1911 durch fortlaufende Detaillierung der geologischen Karte namentlich in bezug auf den Bau aus westfallenden Scharnieren bekannt gemacht, was von späteren Bearbeitern (in bezug auf Erschlossenes) lediglich wiedergegeben und in ein ultratektonisches Schema gestellt wurde.

Betrachten wir nun die Phyllonite, so liegt  $s$   $90^\circ$  bis  $40^\circ$  NW und NE fallend vor mit einer ziemlich konzentrierten und isometrischen Häufung der  $s$ -Pole. Die Streuung der  $s$ -Pole ( $60^\circ$ ) ist gleich groß wie die Streuung des  $s$ -Streichens. Eine solche Verlagerung von  $s$  ist nicht durch horizontale, sondern nur durch steile Achsen möglich. An steilen Achsen auch in Gestalt von B-Achsen im Handstückbereich fehlt es nicht, aber die Streuung der B-Achsen ist  $180^\circ$ , also viel größer als die von  $s$ -Streichen und  $s$ -Polen ( $55^\circ$  bis  $60^\circ$ ). Im Schema ergibt sich also bei weit geringerer Änderung des  $s$ -Gefüges im Streichen und Fallen, also in einem ziemlich steilen und um eine steile Achse etwas rotierten — vielleicht in OW-Richtung gestauchten —  $s$ -Paket jeder Wechsel bis  $180^\circ$  im Streichen der Vertikalebene, in welchen B-Achsen liegen und im Fallen dieser B-Achsen. Solche liegen auf den  $s$ -Flächen in jeder Lage von horizontal bis in die Falllinie von  $s$  mit  $62^\circ$ . Diese B-Achsen besetzen denselben Großkreis wie die viel dichteren  $\beta$ . Der Pol dieses mit  $\beta$  und B besetzten Kreises fällt in den Schwerpunkt der  $s$ -Pol-Häufung. Für die Betrachtung der Abb. 24 ist zu beachten, daß sie nicht ein inhomogenes Gebiet darstellt: West- und Ost-Areal des Diagramms ist nicht West- und Ost-Areal auf der Karte,

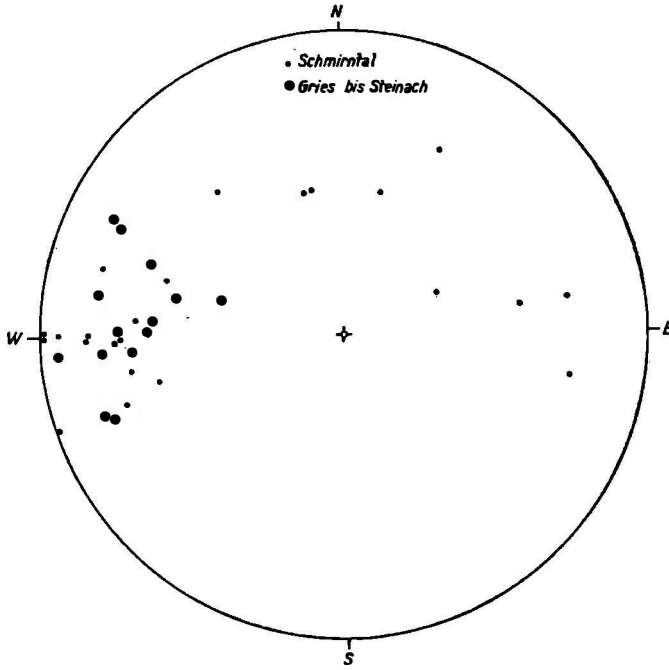


Abb. 23.

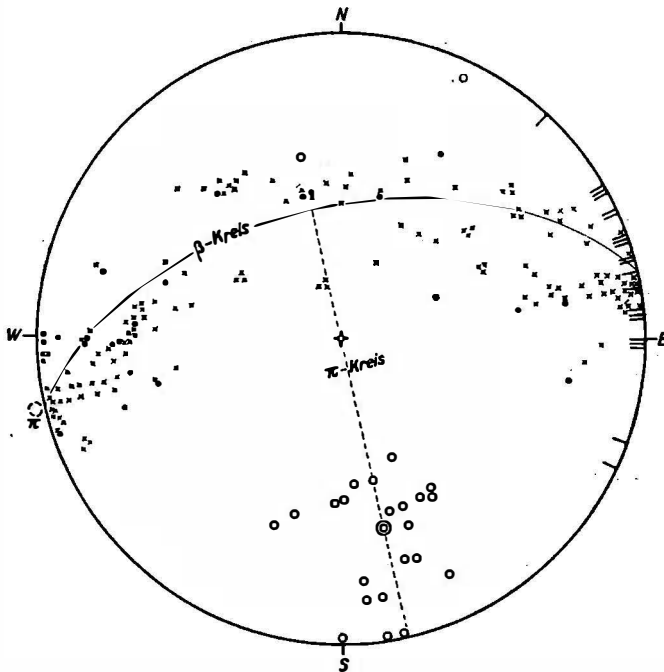


Abb. 24

sondern allenthalben in dem im Felde durchaus homogen erscheinenden Gebiete können  $\beta$  und B auftreten, welche auf dem  $\beta$ - und B-Kreise liegen; wie man am Diagramme sieht, am häufigsten horizontal, was  $\beta$  betrifft, und in einer etwas West fallenden Lage für B.

Was bedeutet nun die Verteilung in Abb. 24, wenn wir davon ausgehen, daß das durch das tektonische Gefügediagramm beschriebene Gebiet (Hinteres Schmirntal) ein statistisch homogenes ist, so wie es die Begehung erscheinen läßt.

Die Verteilung von  $s$ ,  $\beta$  und B lehrt folgendes: Die stärkste Häufung von  $\beta$  um die Enden der Geraden W 14 S entsteht durch Drehung von  $s$  um diese horizontale Gerade, also durch Änderung des Fallens von  $s$  bei etwa meridionaler Einengung. Die entsprechende Häufung von B liegt nicht am Ende dieser horizontalen Geraden, sondern fällt mit etwa  $25^\circ$  genau W. Das bedeutet, daß sich hier eine horizontale westsüdwestliche  $\beta$ -Achse und eine  $25^\circ$  westfallende B-Achse überlagern; es begegnen sich hier das alpine WE-Streichen und das WSW-Streichen, zwei Streichen, deren Interferenz in den Ostalpen ich in einer älteren Arbeit nebeneinander gestellt habe (1921). Das WE-Streichen mit westeinfallenden Achsen ist das auf der geologischen Karte ohne weiteres in gewaltigen Faltenstengeln stofftektonisch hervortretende; das WSW-Streichen ist stofftektonisch das der Tuxergneise und ihres N-Randes — so wie beispielsweise auch das des Engadiner Scherenfensters — und es ist hier in den Phylloniten nur durch Gefügeanalyse und Konstruktion noch sichtbar, welche auch andernorts zur Wahrnehmung führen könnte. Die Frage, welches Streichen das ältere ist, soll hier nicht umfänglich erörtert werden, aber auch hier sprechen die Verhältnisse mehr dafür, daß das genaue WE-Streichen und eine streng meridionale Einengung jünger sind: Mit einer streng meridionalen Einspannung eines vorhandenen relativstarreren WSW streichenden Gneisstranges harmonisiert der Sinn der Relativbewegungen normal zu den steilen B-Achsen des Gebietes, nämlich daß in den nordfallenden Serien Höheres Nördlicheres über Tieferes Südlicheres gegen Westen verschoben ist; ferner stoßen in Hinterschmirn ostwestlich streichende Faltenstengel unter spitzem Winkel an den westsüdwestlichen Gneisrand; da hier kein Intrusivkontakt mit diesen Faltenstengeln vorliegt, kann sie nicht der Gneis schief angeschnitten haben, sondern sie sind unter streng meridionaler Einspannung an den Gneis gelegt, wobei wir auch wieder jüngerer WSW-B-Achsen in der Hülle nahe dem Gneis begegnen. Auch am Brenner fanden wir in den Phylloniten die heute westfallenden B-Achsen (streng meridionaler Einspannung entsprechend) als letzte aufgeprägt, möglicherweise nachdem ältere B auf derselben s-Fläche schon in NNW-Richtung verschwenkt waren.

Außer den bisher erörterten Deformationen mit flachen Achsen und dementsprechend steiler Deformationsebene zeigt Abb. 24 aber noch die steilen  $\beta$  und B. Diese lassen sich nur auf eine flache bis horizontale Einspannung //  $s$ , also auf eine ungefähr ostwestlich tangente zurückführen, bzw. auf den Widerstand, dem die ostwestliche Längung des meridional eingespannten Gebietes begegnete und je nach der Bildsamkeit örtlich durch Steilachsen abbildete. Diese Abbildung geschah in Gestalt von  $\beta$  großwellig und von B schon im Handstückbereich. Daß die  $\beta$  und B, welche auf den nordeinfallenden Ebenen jeden Winkel mit deren Streichen

bilden, auf einem Kreise liegen, dessen Pol mit dem der s-Pol-Häufung zusammenfällt, ist eine geometrische Notwendigkeit, welche für sich nicht etwa besagt, daß diese  $\beta$  und B auf einem bogig gekrümmten Pakete liegen. Dagegen sind die Häufungen von  $\beta$  und B auf dem Großkreis als solche nicht geometrisch bedingt, sondern ausdrucksvoll: Eine mit  $30^\circ$  bis  $40^\circ$  N  $35$  W fallende  $\beta$ -Häufung ist die stärkste unter den steileren  $\beta$ . Sowohl die westfallenden stofflichen B-Achsen als die westfallenden Schiefachsen auf s kennzeichnen den triklinen Zug des abgesehen davon mit NS-Symmetrieebene monoklinen tektonischen Gefüge- und Bewegungsbildes.

Wenn wir vom Brenner um das Tauernwestende herum bis zum Tuxerjoch gehen, so liegen die Achsen  $\beta$  und B im ganzen vorzugsweise nahe der Vertikalebene E—W und fallen West; nur in Hinterschmirn treten dazu Vertikalebenen mit jedem Fallen der Achsen in die Richtungen W über N bis E.

Der Sinn der Relativbewegung normal zu diesen Achsen ist bei den westöstlichen flachen B dreimal „Höheres gegen Nord“, einmal fraglich, bei den nordsüdlichen Achsen auf dem nordfallenden s zweimal „Nördlicheres Höheres gegen West“. In einem Falle ließ sich die Pressungsgerade für die Scherkörper konstruieren als N  $23$  W,  $37$  SSE, wonach also eine Einengung in Ebene N  $23$  W zwischen Nord oben und Süd unten stattgefunden hat.

Anhangsweise sei hier erwähnt, daß die Grauwacken des Schmirner Gebietes mit B in die Vertikalebene N  $70$  E fallen, also näher dem Gneisrand demselben besser angeschmiegt als die Phyllonitachsen weiter von dieser Kontur.  $\beta$  fällt etwa  $50^\circ$  N.

Für das Hinterschmirn ergibt die genauere Untersuchung des flächigen und linearen Parallelgefüges durch Kugelprojektion von s,  $\pi$ ,  $\beta$ , B folgende Züge des Bewegungs- und Beanspruchungsbildes, welche über das von der Kartierung gelieferte hinausgehen: Flach WSW fallende Achsen ( $\beta$ , B), besonders in der Nähe des Gneisrandes und dem SW-Streichen der Tauerngneise entsprechend. Jüngere WE-Achsen ( $\beta$ , B) westfallend und horizontal, jüngerer streng meridionaler Einspannung entsprechend. Steile Achsen ( $\beta$ , B) auf den nordfallenden s, vielleicht entstanden bei der Überlagerung des SW-Streichens durch die streng meridionale Einspannung und Ausweichen des Hangenden in den westlichen Raum. Neben der Wellung im Streichen haben die scheinbar einförmig nordfallenden Phyllonitpakete auch eine Wellung im Fallen erfahren, beide kommen durch  $\beta$  außer dem Handstückbereich und durch B im Handstück zum Ausdruck.

#### Phyllite des Tuxertales (Abb. 25, 26)

Das Flächengefüge auch dieser Zone ist keineswegs das eines glatten Mantels auf WE streichenden und N fallenden Gneisen. Das s-Streichen liegt hauptsächlich im Sektor W bis W  $45$  N, das s-Fallen erfolgt hauptsächlich in den Sektor N bis N  $45$  E (aber auch gegen SSW) von  $15^\circ$  bis  $90^\circ$ .  $\beta$  und B besetzen die Sektoren W bis W  $40$  N und E bis E  $40$  S horizontal bis  $30$  NW und  $15$  SE fallend. Eine Einspannung SW—NE hat also diese syntektonische Häufung von  $\beta$  und B geprägt. Im Gegensatz dazu fallen die dem Tauerngneis näherliegenden Grauwacken-Tektonite des Dettenjoches bei Lauersbach mit zusammenfallendem  $\pi$ ,  $\beta$  und B mit

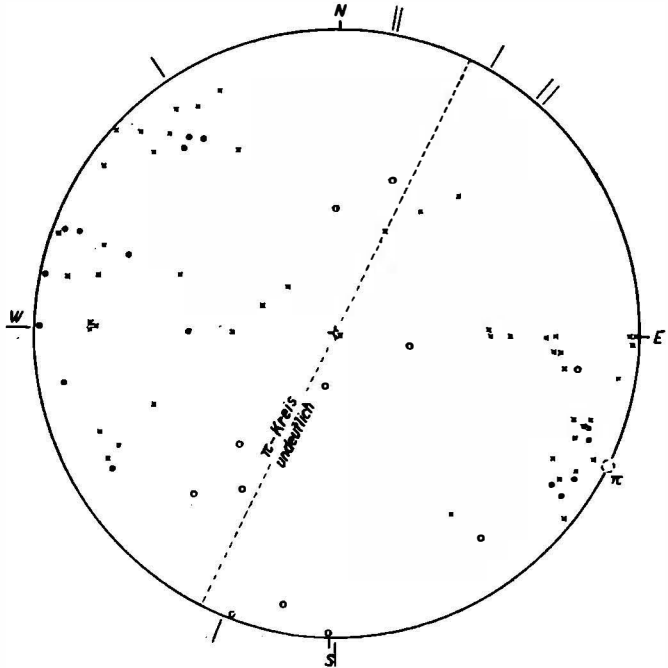


Abb. 25.

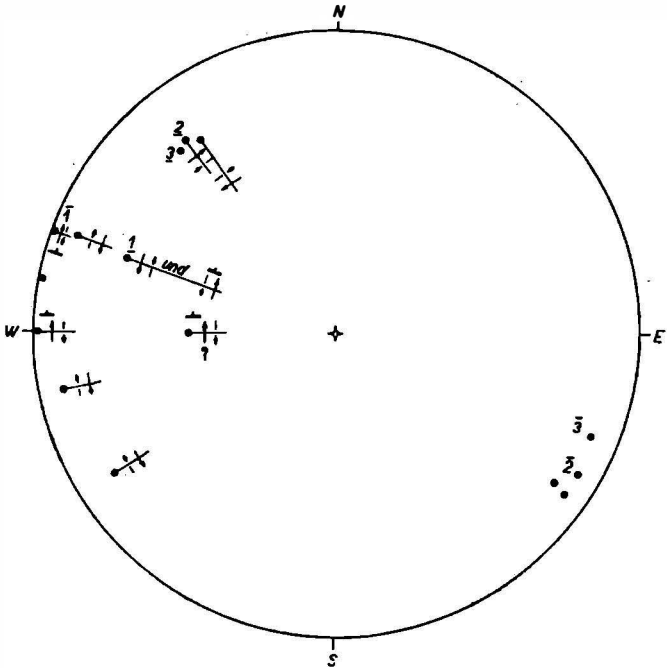


Abb. 26.

20° nach WWSW wie das nunmehr für das ganze Westende der Tauern vom Brenner bis ins Tuxertal festgestellt wurde.

Die Tauerngneise des Tuxer und Zillertaler Zuges, deren Kristallisation und die Tauernkristallisation ihrer Hülle gehören in das eine große System der Einspannung und Achsenbildung, nämlich in das der SSO—NNW-Einengung und WSWlicher stofflicher und nichtstofflicher Achsen ( $\beta$  und B; Falten und Stengel jeden Ausmaßes von m-Hundertern bis in den Dünnschliffbereich).

Diesem einen Systeme steht das andere gegenüber, nämlich das der N—S bis NE—SW (wahrscheinlich voneinander trennbaren) Einengungen und zugehörigen W—E bis NW—SE streichenden stofflichen und nichtstofflichen Achsen ( $\beta$  und B), welche demgemäß in spitzen Winkeln gegen die nach NW schauende Gneisfront heranstreichen, wie ich schon durch die geologische Kartierung zeigte. Beide Systeme sind auch weit von den Gneisen wahrnehmbar und es scheint überall das erste System (mit WSW-Achsen) das ältere zu sein.

Die Relativbewegung  $\perp$  B erwies sich als tektonisch nicht summierbar. Es ergab sich im Handstückbereich gleich oft (5mal) Höheres (Nördlicheres) gegen N (gegen unten) wie gegen S (gegen oben) verschoben. Die westeinfallenden Achsen sind jünger als die horizontalen am selben Stück, sind also hier westeinfallend geprägt und nicht erst aufgerichtet; letzterenfalls hätten nämlich die älteren heute horizontalen Achsen ost-einfallend geprägt und dann erst horizontal gestellt werden müssen, während die horizontal geprägten jüngeren Achsen westfallend wurden, ein unwahrscheinliches Bild.

#### Mairhofen—Astegg

Die Grauwacken bis Quarzphyllonite dieses Gehänges bilden ein NNW bis N fallendes Paket mit der am besten hervortretenden Häufung B und  $\beta$  in W. Jedoch tritt von W etwas gegen N verschoben ein zweites  $\beta$ , von B begleitet, auf mit etwa 15° WNW-Fallen, eine ebensolche schwächere Häufung mit 40° N-Fallen und noch eine flach gegen NE fallend. Es sind also beide früher genannten Systeme wahrnehmbar: Das erste mit Achsen-ebene WWSW und Einspannung quer zum Tauernstrang, welche auch durch eine einmeßbare Pressungsgerade in Marmor mit 50° nach S 38 E fallend zu Worte kommt; das zweite mit WE Achsen-ebene und NS-Einspannung und ein hier vom zweiten trennbares drittes, welches, wie das Diagramm<sup>3)</sup> ergab, bei bloßer Beachtung des s-Fallens der Feststellung entgeht, mit  $\beta$  15° WNW fallend. Auch hier täuscht der Eindruck bei der Begehung des Gehänges ohne genauere Messungen. Die am erwähnten Marmor beobachtbare Relativbewegung  $\perp$  B „Höheres gegen W“ ist als Teilbewegung in einer Pressung uneindeutig.

#### Gebiet des Tarntaler Mesozoikums und dessen Unterlagen (Abb. 27—38)

Das Haupt- $\beta$ ,  $\pi$  und Haupt-B fällt überein für das ganze inhomogene Gebiet:  $\pi$ -Kreis NS 75 E; daneben treten untergeordnet und durch örtliche Inhomogenität von Teilbereichen begründet folgende Züge hervor: Durchwegs auf der Westhalbkugel mit 10° bis 15° einfallende  $\beta$ -Häufungen:

<sup>3)</sup> Nicht veröffentlicht!

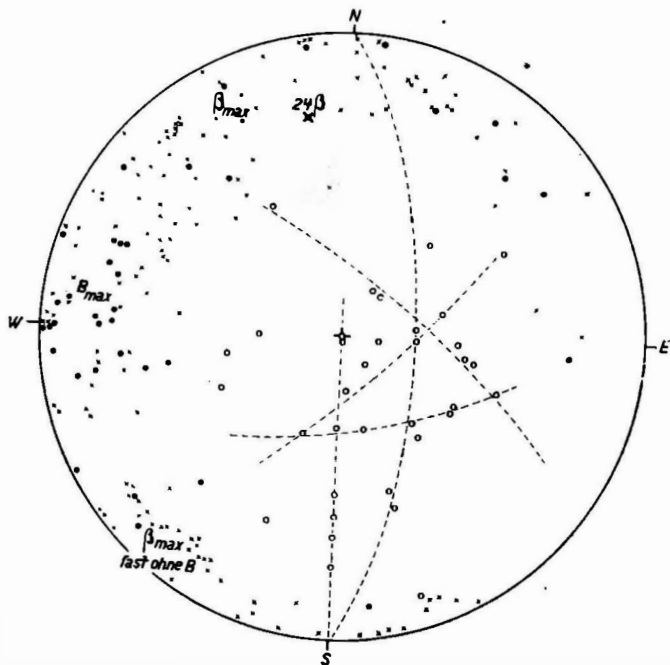


Abb. 27.

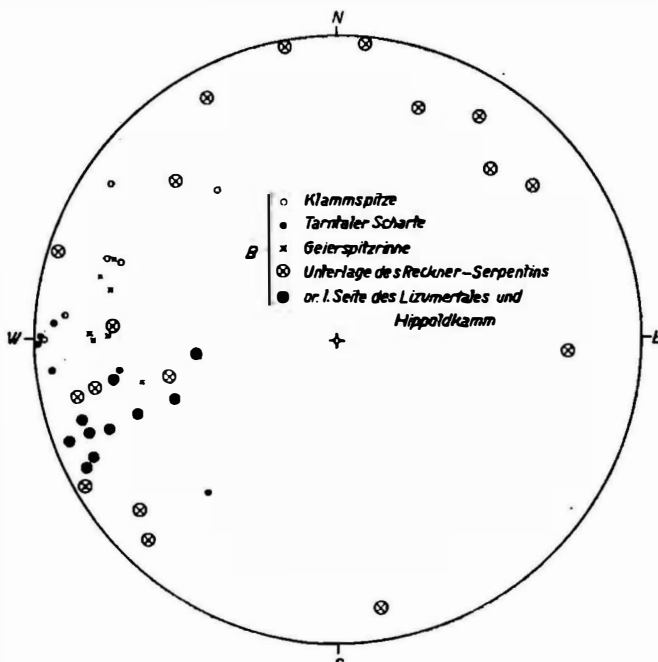


Abb. 28.

Mit  $25^{\circ}$  N  $10^{\circ}$  W fallend, mit  $15^{\circ}$  N  $40^{\circ}$  W,  $10^{\circ}$  N  $65^{\circ}$  W,  $10^{\circ}$  W  $17^{\circ}$  S,  $15^{\circ}$  W  $60^{\circ}$  S. Außer den westfallenden B gibt es horizontale in WE und B in den Quadranten NW und SE und SW—NE. Am deutlichsten ist  $\beta \perp B$  in W und in WSW, noch sichtbar in WNW.

Ein übersichtlicher Vergleich der Phyllonite der or. rechten (Abb. 29) und der linken (Abb. 27) Talseite von Lizum ergibt folgendes: Or. rechts: Pole von  $10^{\circ}$  bis  $90^{\circ}$  südfallenden s auf einem  $\pi$ -Kreis, zu welchem ein von W etwas gegen S verschobenes Maximum von  $\beta$  (horizontal bis  $10^{\circ}$  nach W bis W  $20^{\circ}$  S fallend) gehört; B-Häufung mit  $10^{\circ}$  W  $20^{\circ}$  S fallend. Or. links: Nicht ein deutlicher, sondern vier undeutliche  $\pi$ -Kreise steil fallend und ungefähr in den geogr. Hauptrichtungen und deren Zwischenrichtungen streichend. Im Gegensatz zu „or. r.“ ist flaches Fallen und N und W-Fallen vorwiegend. Die  $\pi$ -Kreise haben  $\beta$ -Maxima, ein sehr deutliches fällt  $20^{\circ}$  nach SW mit spärlichen B, eines  $10^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  nach NW mit spärlichen B. Die Häufung der B fällt mit spärlichen  $\beta$  nach W bis WNW im Gegensatz zum WWSW-B-Maximum der or. r. Talseite. Hier or. l. fallen also die Verstellungen von s und die Prägung der B-Achsen generell auseinander. Die B-Achsen sind nicht Achsen tektonischer Verlagerungen, sondern Aufprägungen. Einengungen sämtlicher Pläne (N—S, O—W, SW—NE, NW—SE) sind abgebildet: NS (genauer SSSW—NNNE) durch B, die anderen hauptsächlich durch  $\beta$ .

Die NW—SE-Einengung fehlt im Hippoldkamm ebenso wie die SW—NE-Einengung. Geht man vom Hippoldkamm (or. r.) auf die or. linke Talseite über, so findet man die Häufung der aufgeprägten westfallenden B-Achsen aus W bis W  $20^{\circ}$  S nach W bis W  $20^{\circ}$  N verlegt, wobei die erstere Häufung vornehmlich auf südfallendem, die zweite auf nordfallendem s liegt. Das entspricht einer Falte z. B. einer Synkline mit westfallender Achse, auf deren Schenkeln westfallende B liegen. Diese gehen durch konstruktive Ausebnung der Synkline nicht in eine Gerade über, sind also nicht älter als die Bildung der Synkline, sondern mit oder nach der Faltung erzeugt, indem ein zwischen den pressenden Schenkeln der Falte liegender zentraler Teil derselben mit Achsendivergenz entglitt (achsendivergente Faltung vgl. SANDER 1926). Diesfalls muß wie aus der Lage der B-Achsen ablesbar ist, die Achsendivergenz der Falten derart erfolgt sein, daß die dem Schenkeldruck nach oben entweichenden Faltenachsen steileres Westfallen annehmen.

Um noch genauer zu sehen, dient Abb. 28, auf welcher die B-Achsen der kalkigen Phyllite des Gesamtgebietes gesammelt, aber nach kleineren Bereichen unterschieden sind. Man sieht zunächst die eben erörterte Verlagerung der B-Achsen im Uhrzeigersinn, wenn man vom Hippoldkamm in die Tarntaler geht und eine Verlagerung gleichen Sinnes, wenn man von der Tarntaler Scharte zur Klammspitze geht. Ferner fällt anschaulich die Unterlage des Reckner Serpentins durch die große Streuung der flachen B-Achsen heraus, vermutlich bedingt durch die vom Serpentinblock des Reckners gegebene Inhomogenität.

Wir betrachten nun, von Süden gegen Nord gehend einzelne Teilbereiche der Phyllonite, die am Aufbau der Tarntaler Kögel beteiligt sind.

Die Kalkphyllonite der Rinne von der Geierspitze ins innerste Lizum (Abb. 30) fallen  $50^{\circ}$  bis  $65^{\circ}$  N und  $50^{\circ}$  bis  $55^{\circ}$  N  $20^{\circ}$  W. Ihre s-Pole kann man — und das ist ein Beispiel für einen grundsätzlichen Fall — auf zwei



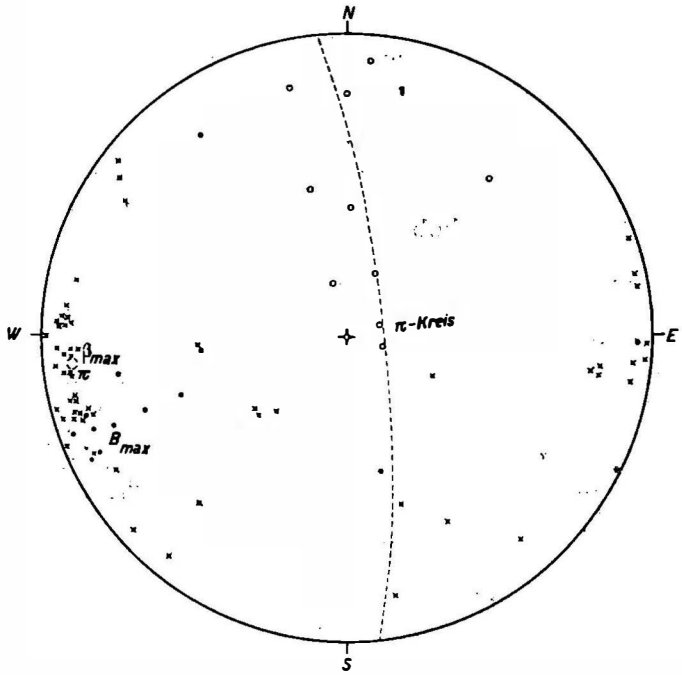


Abb. 29.

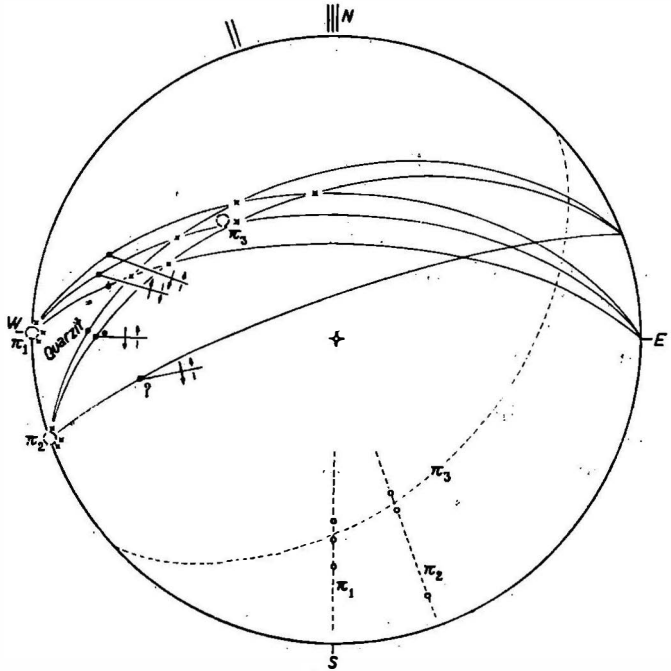


Abb. 30.

im Fallen liegenden  $\pi$ -Kreisen  $\pi_1$  und  $\pi_2$  und auf einem dritten  $\pi$ -Kreis  $\pi_3$ , dessen Pol mit dem einer vagen  $\beta$ -Häufung zusammenfällt, anordnen, was nicht etwa durch die beiden anderen  $\pi$ -Kreise geometrisch bedingt ist. Diese Raumlage von  $s$  kann also entweder durch Einspannung in  $\pi_1$  und vorher oder nachher in  $\pi_2$  erzeugt sein oder durch Einengung im Streichen von  $\pi_3$ . Darin könnte man nur durch darauf gerichtete örtliche Analyse bei besserer Aufgeschlossenheit des Gebietes weiter entscheiden.  $B$  fällt im ganzen etwa 25 W. Relativbewegung  $\perp B$  dreimal „Höheres gegen S“, einmal „Höheres gegen N“. In der Abb. 30 sind nicht nur die Pole von  $s$ , sondern auch die Ebenen (als Großkreise) eingetragen. Man sieht dadurch bequem, daß  $B$  zwar im Ganzen mit  $\beta$  nach Westen fällt, keineswegs aber mit  $\beta$  zusammenfällt: Die  $B$  sind mit etwa 30° Winkeldistanz vom  $s$ -Streichen auf  $s$  mit verschiedenem Fallwinkel schief aufgeprägt, wie auf den Phylloniten von Hinterschmirn. Die Häufung von  $B$  ist hier viel ausgesprochener als in der nun zu betrachtenden Unterlage des Reckner-Serpentins.

Zur Kennzeichnung des feineren tektonischen Gefüges der Phyllonite unter dem Reckner Serpentin dienen Radiolarite mit und ohne Natronmineral vom oberen Tarntal, Reckner Westgrat und Staffelsee (Abb. 33). Die Arfvedsonitschiefer zwischen Reckner und Geierspitze (Abb. 31) liegen flach (mit undeutlichen  $\pi$ -Kreisen und einer Reihe von  $\beta$ -Häufungen nach abnehmender Besetzungsdichte etwa mit folgendem Fallen von  $\beta$ : 25° nach N 10 W; 15° nach N 45 W; 15° nach S 32 W. Die Verstellung von  $s$  läßt also eine Einengung ungefähr in folgenden oft wiederkehrenden Richtungen erkennen: WE; SW—NE; NW—SE. Letztere Richtung tritt an den Natronhornblendeschiefern am schwächsten hervor, an anderen Radiolariten umso deutlicher. Die sonst so häufige NS-Einengung ist nicht durch  $\beta$  abgebildet. Das Fallen von  $s$  erfolgt flach in eine westliche Halbkugel auf einen Halbkreis von N 15 E über N und W bis W 48 S wobei W bis W 30 N am stärksten besetzt ist. Unter den vielfach zu zweit (gleiche Nummer!) auf demselben  $s$  auftretenden  $B$ -Achsen sind (bei großer Streuung) außer den für  $\beta$ -Häufungen genannten Richtungen noch Westfallen, also NS-Einengung, vertreten. Die Relativbewegungen  $\perp B$  sind mehrsinnig. „Hangend gegen N“ (verschoben) ist gleich oft (4mal) vertreten wie „Hangend gegen S“. Unter den nach W bis NW fallenden  $B$ -Achsen sind vorkristallin geprägte in bezug auf Natronhornblende. Die Einengung SW—NE erfolgte also vorarfvedsonitisch.

Die wahrscheinlich zur Gänze jurassischen (Radiolarien) Quarzphyllonite vom oberen Tarntal, Reckner Westgrat und Staffelsee (Abb. 33) haben ihre  $s$ -Pole auf einem deutlichen  $\pi$ -Kreis, dem eine klare  $\beta$ -Häufung mit 15° nach SW fallend entspricht. Die  $s$  fallen vorzugsweise nach W bis W 30 N; die  $B$  unzuordenbar gestreut.

Die Phyllonite unter dem Reckner Serpentin ließen also mehr durch  $\beta$  (also Wellung außer dem Handstückbereich) als durch  $B$  die sonst-begegneten Pläne der Achsenbildung und Einengung erkennen, die NS-Einengung aber nur durch  $B$ .

Nördlich anschließend folgen die Quarzphyllonite (Abb. 34, 36) (wahrscheinlich Jura) der Tarntaler Scharte über Lizum bis zur Klammspitze. Allenthalben ist durch  $\pi$  und  $B$  die meridionale und die SSW—NNE-Einengung beide mit flach westlich fallenden  $\pi$  und  $B$  abgebildet. Diese Ein-

engung erzeugte  $\perp$  zu den B-Achsen an der Tarntaler Scharte einheitlich die Relativbewegung „Höheres gegen N“, an der Klammspitze vorwiegend „Höheres gegen S“. Die Einengung erfolgte also nicht in einem einsinnigen Transporte, sondern „zwischen Backen“.

Die or. r. Talseite vom Torjoch bis zum Eiskarlspitz (Abb. 32) ist weit homogener gebaut und wurde bereits durch  $\pi$ ,  $\beta$  und B in einer einzigen Haupthäufung mit  $10^\circ$  nach W 20 S fallend gekennzeichnet. Einige Gerade größter Pressung wurden als Symmetralen stumpfer Scherflächenwinkel ermittelt. Demnach ist die größte Pressung örtlich in Geraden mit  $10^\circ$  bis  $70^\circ$  Nordfallen erfolgt, das Ausweichen auf der Verbindungsgeraden zwischen NW oben und SE unten.

#### Arkosen des or. rechten Kammes (Abb. 35, 37)

Diese Gesteine, bald noch deutliche Arkosen, bald deren bis zu Quarzphyllonit verschieferte Tektonite sind namentlich im Kamme Torjoch-Hippold sowohl Gipfel bildend als in der Talsohle vertreten und zeigen in beiden Fällen genau gleiche Prägung, so z. B. bei der Zirbnachalm nahe der Talsohle und als Liegendes des Quarzits hoch am Kamm östlich der Eiskarlspitze. Man kann also die Messungen or. rechts von Lizum zusammenfassen und erhält (Abb. 35) 1. einen s-Pol-Kreis vertikal NW—SE mit gut entsprechender  $\beta$ -Häufung in NE: Die Verlagerung von s erfolgt um eine SW—NE-Achse, nur einmal mit B, also wesentlich außerhalb des Handstückbereiches unter Einengung in NW—SE-Richtung. 2. Eine etwas NW fallende Achse durch die Häufungen von B mit einer kleinen  $\beta$ -Häufung geliefert; also entsprechend tektonischer Bewegung in einer etwa SW—NE streichenden Symmetrieebene, was in einem beobachteten Falle nachweislich zur Relativbewegung „Höheres gegen NE“ geführt hat.

Das zeitliche Verhältnis von 1 und 2 ist hier nicht bestimmbar.

Man sieht, daß die Arkosen („Tarntaler Grauwacken“) dieselben Prägnanzpläne mitmachen wie die Phyllonite. Dies ist auch am Junsjoch (Abb. 37) der Fall. Die im Hippoldkamm schwach abgebildete meridionale Einengung tritt an den Arkosen des Junsjoches scharf hervor. Die mit der Schieferung  $25^\circ$  bis  $50^\circ$  nach N 10 E fallenden mit dem sedimentären s  $15^\circ$  nach S 10 W fallenden Arkosen zeigen horizontal in W 10 N eine zusammenfallende scharfe Häufung von  $\beta$  und B und an letzterem in drei sicheren Fällen unter vier die Relativbewegung „Höheres gegen N“.

#### Mieslkopf b. Matrei a. Brenner (Abb. 38)

Dieses westlichste Vorkommen der Tarntaler zeigt an Quarzit und Kalkphyllit zusammenfallend für  $\beta$  und B mit  $0^\circ$  bis  $20^\circ$  Fallen, W bis W 20 S-Streichen.

#### Untere Schieferhülle (Abb. 39—45; 57—60)

##### Schlüsseljoch bis Vennatal (Abb. 39—41)

Geht man in der Unteren Schieferhülle der Tauerngneise um deren Westende herum, also unmittelbar am Rande der untertauchenden Gneise, so werden die feldgeologisch noch bauhomogen erscheinenden Teilbereiche

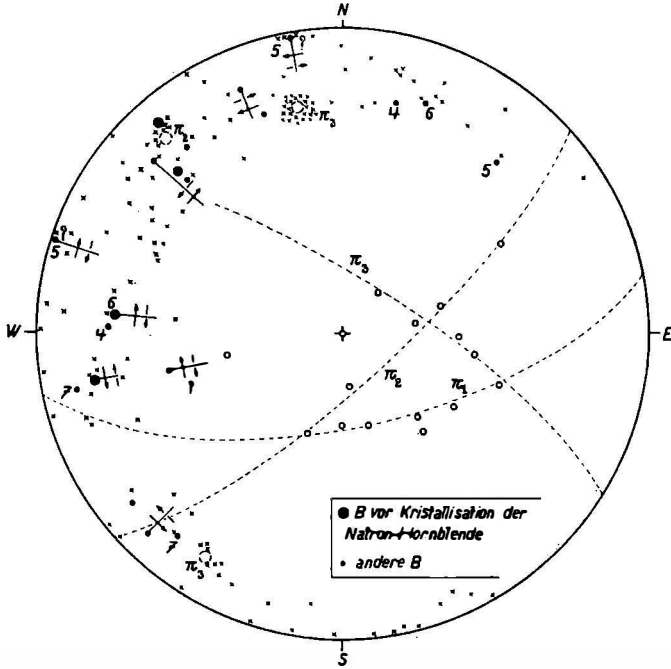


Abb. 31.

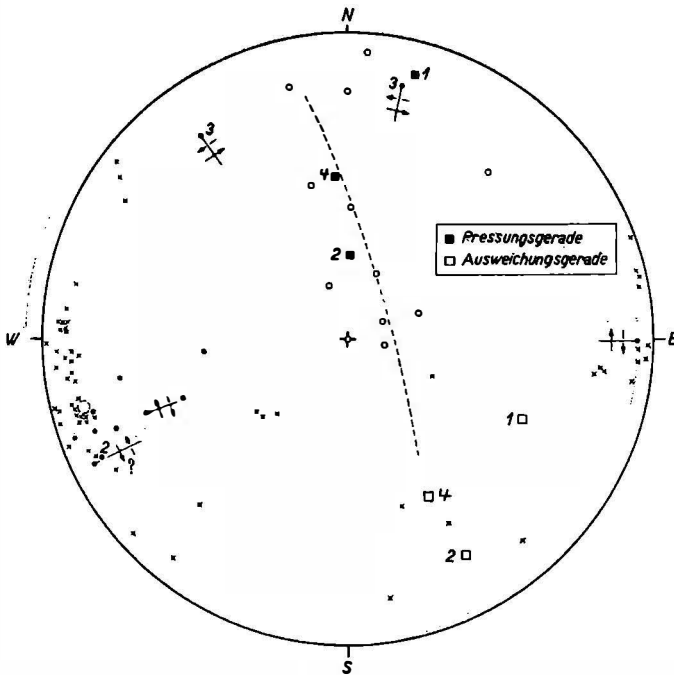


Abb. 32.

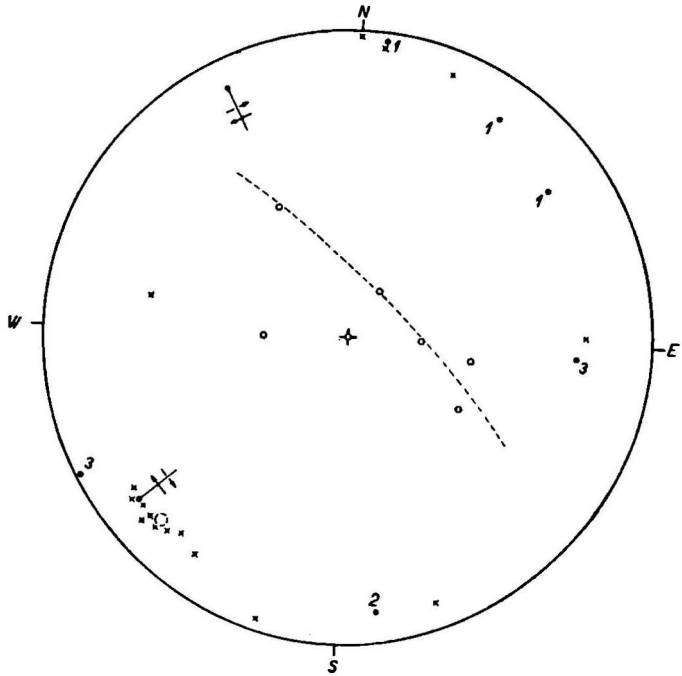


Abb. 33.

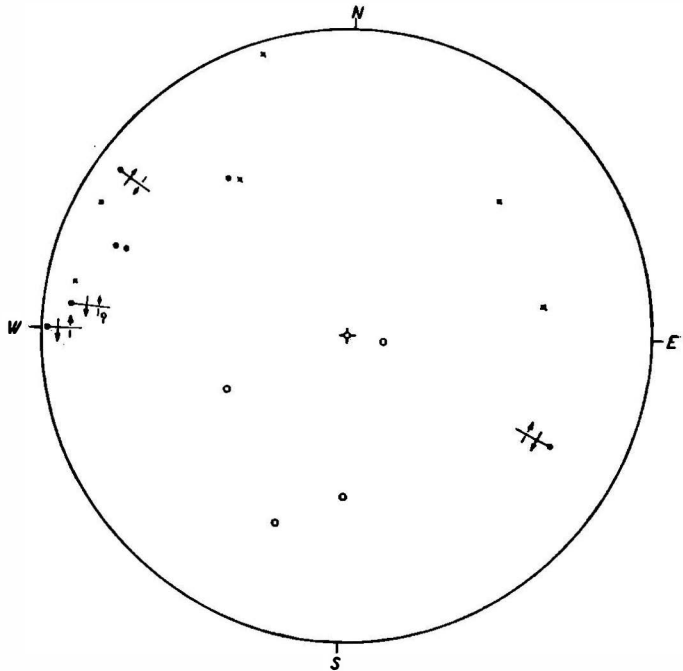


Abb. 34.

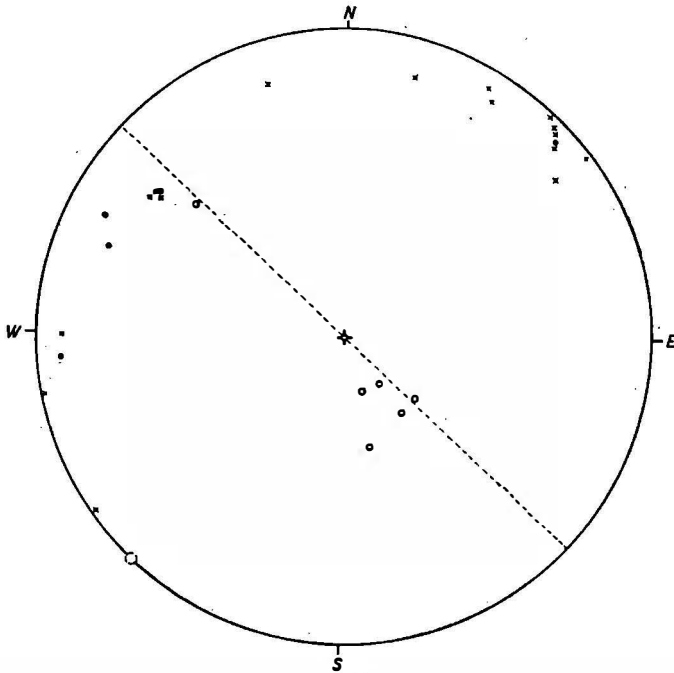


Abb. 35.

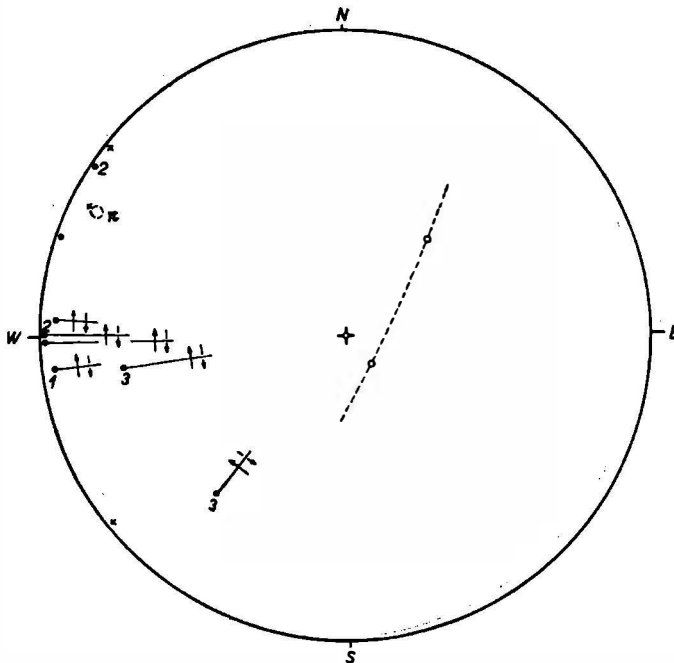


Abb. 36.

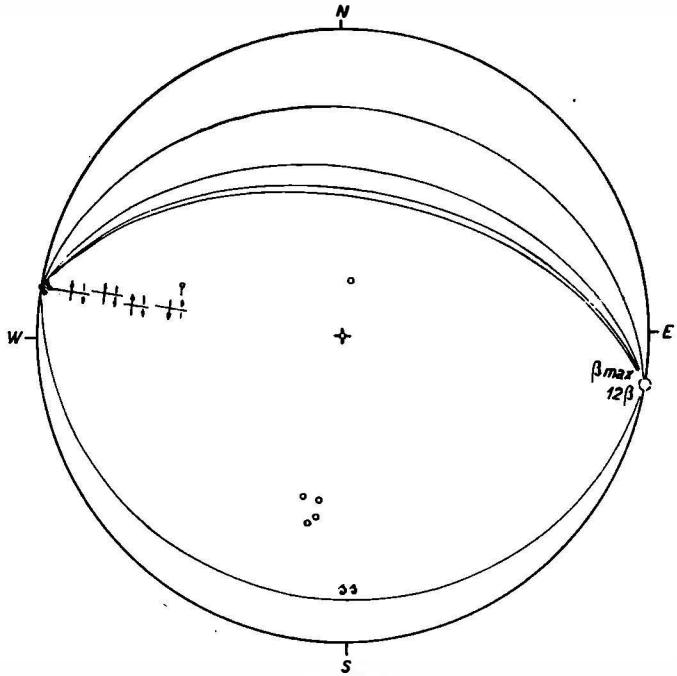


Abb. 37.

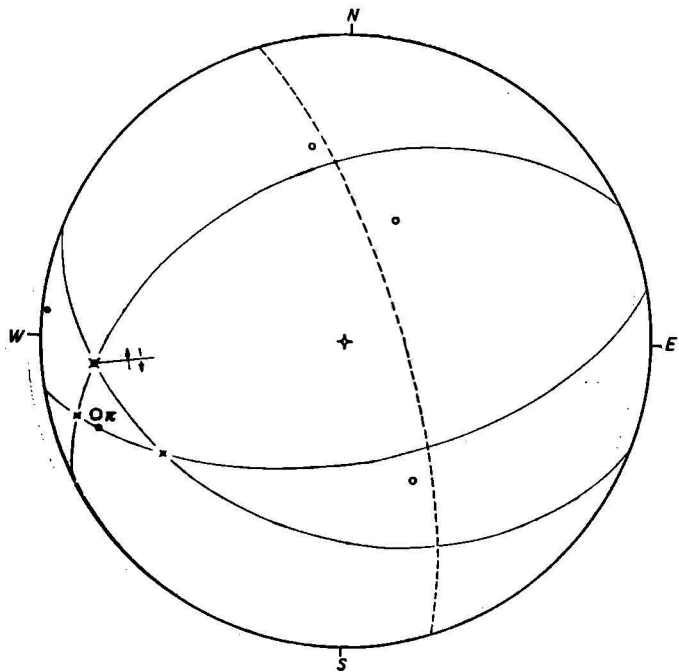


Abb. 38.

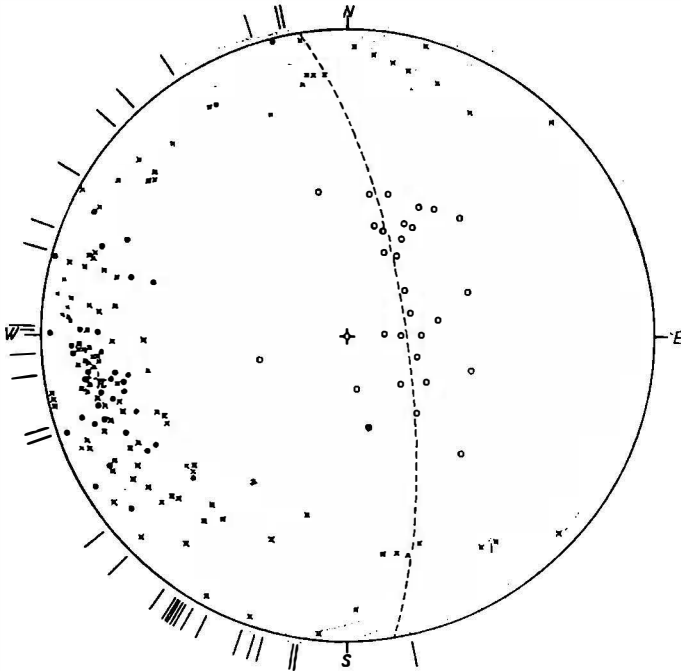


Abb. 39.

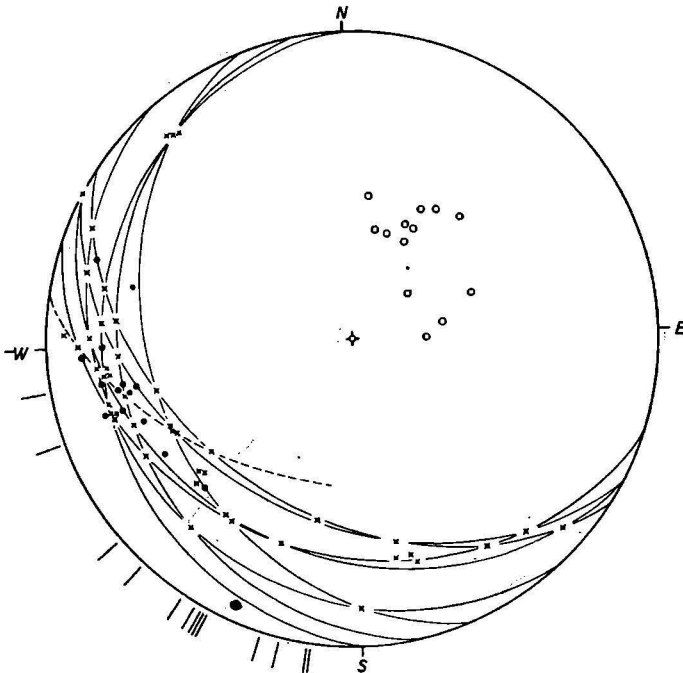


Abb. 40.



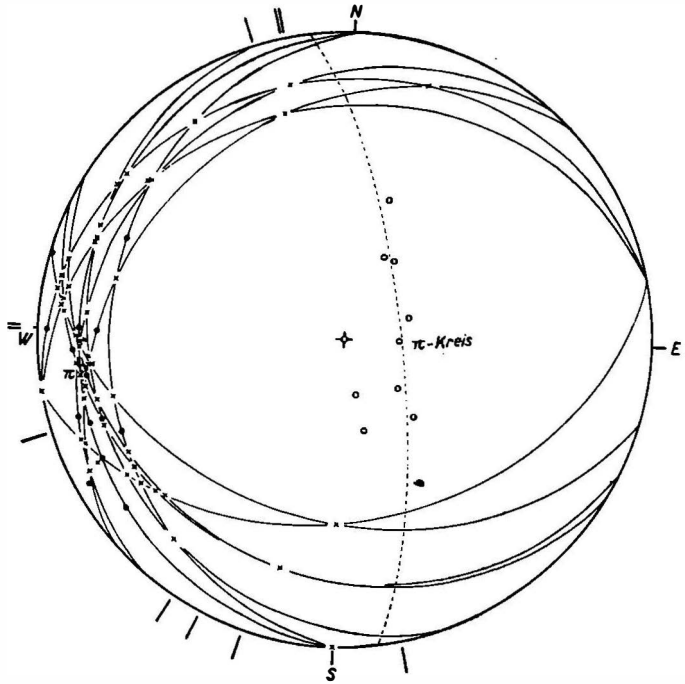


Abb. 41.

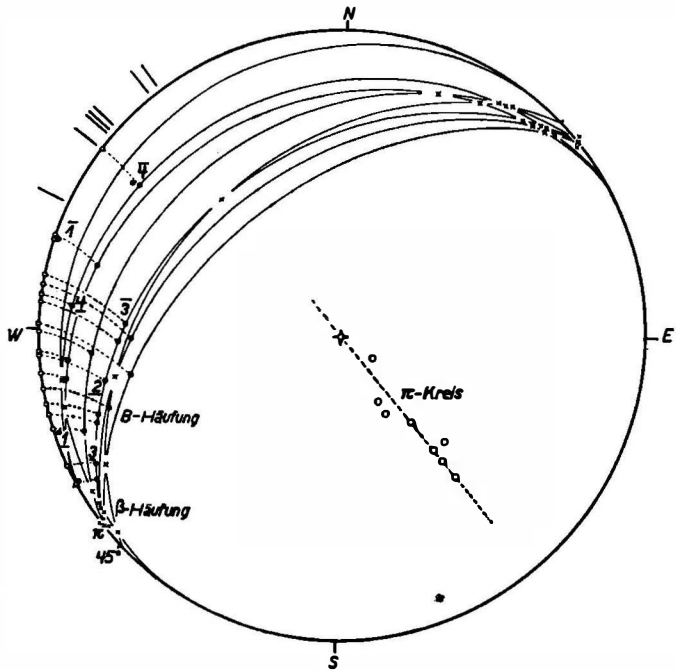


Abb. 42.

dieser Umrandung einer Kuppel ziemlich klein. Die rohe Übersicht des Fallens von  $s$  ergibt:

1. Brenner—Schlüsseljoch—Flatschspitze (Abb. 40): W 70 S bis W, vorwiegend SW.
2. Griesbergtal—Kühbergl: W bis E, vorwiegend NW.
3. Venna—Landshuterhütte (Abb. 41): S 13 E über W bis N 13 W, gleichermaßen N und S.

Man ersieht daraus, daß dieses  $s$  keineswegs einen glatten Mantel von 1 bis 3 um das Gneisende bildet. Denn wenn man für diesen Bereich das Fallen von  $s$  in Übersicht bringt, so bedeckt dieses Fallen einen Sektor von genau  $180^\circ$ , also einen Halbkreis mit dem Streichen N 12 W, was der Gneisgrenze auf der Karte nicht entspricht.

Betrachten wir die Teilbereiche einzeln, so ergibt sich:

zu 1.  $s$ -Fallen von S bis W, was hier auch einem glatten Mantel gut entspricht. Häufung von  $\pi$  und B mit  $25^\circ$  nach W 10 S fallend. Zu B gehörige Faltung von  $m$ -Ausmaßen auch aufgeschlossen.

zu 2.  $s$ -Fallen von W 4 S bis N 34 W, ja bis N 75 E, keinem glatten Mantel entsprechend. Die Häufung für  $\beta$  und B wie bei 1 wieder mit  $25^\circ$  nach WWSW. Eine Nebenhäufung von  $\beta$  ohne B in N weist direkt auf eine nicht aufgeschlossene nordsüdliche Wellung ohne B-Achsenbildung im Handstückbereich.

zu 3.  $s$ -Fallen von W 20 S bis N 12 W, keinem glatten Mantel entsprechend. Häufung von  $\pi$  und B mit etwa  $15^\circ$  WWSW fallend.

Es ergibt sich also für den Mantel und das Westende der Tauerngneise zwischen Schlüsseljoch und Vennatal (Abb. 39):

Der Mantel ist kein glatter, sondern zeigt eine weit höhere Verlagerung von  $s$ . Die Verlagerung von  $s$  ist gelegentlich (2) eine um eine N—S-Achse, in NS also, mit EW-Einspannung ohne B-Bildung; viel stärker jedoch tritt hervor die Wirkung einer NNW—SSE-Einspannung, welche in der unteren Schieferhülle ganz unabhängig vom örtlichen Verlaufe des Mantels eine Häufung von  $\beta$  und B in der WWSW-Ebene gesetzt hat. Diese westeinfallenden B-Achsen kennen wir allenthalben in den westlichen Tauern als vor oder mit der Tauernkristallisation angelegte. Es liegt damit nahe anzunehmen, daß auf die ältere NNW—SSE-Einspannung vielleicht im Zusammenhang mit deren (das Westfallen von B erzeugenden) Aufrichtung die Einspannung WE mit den nordsüdlichen  $\beta$ -Achsen der Brennersenke gefolgt sei.

Sillesschartl (Kamm zwischen Vennatal und Valsertal (Abb. 42, 58, 59)

An dieser Stelle stehen wir in einem tektonisch durchaus bauhomogen erscheinenden isoklin NW fallenden Pakete von Unterer Schieferhülle. Das  $s$ -Streichen schwankt dennoch um  $27^\circ$  und damit auch die Fallrichtung von N 38 W bis N 65 W, der Fallwinkel von  $10^\circ$  bis  $50^\circ$ . Um die horizontale Achse des N 40 W streichenden S-Pol-Kreises ist  $s$  gedreht; dieser Verlagerung entspricht die scharfe  $\beta$ -Häufung an beiden Enden der Geraden N 50 E; mit NW—SE-Einspannung ist also diese  $\beta$ -Verlagerung von  $s$  erfolgt. Hierbei wurden fast keine B-Achsen geprägt. Keine B-Häufung fällt mit der scharfen  $\beta$ -Häufung zusammen: Die B fallen im Sektor SW bis NW mit  $0^\circ$  bis  $40^\circ$ , unscharf gehäuft in WWSW, eine

Häufung, welche wir vom Schlüsseljoch kommend allenthalben wiederfanden. Unselten trägt dasselbe s 2 B-Achsen; dann ist jene die jüngere, welche die flachere und weniger weit im Uhrzeigersinn aus der SW-Fallrichtung verschwenkt ist. Da der Winkel zwischen je zwei solchen B auf demselben s von  $20^\circ$  bis  $40^\circ$  schwankt, hat eine lagenweise verschieden starke Drehung von s (um das Lot auf s) gegenüber der B prägenden kinematischen Bewegungsebene ( $\perp$  s) stattgefunden. Man kann also annehmen, daß die älteren B in derselben geographischen Orientierung wie später die jüngeren B, also etwa in Richtung WWSW entsprechend Einspannung  $\perp$  darauf aufgeprägt vor Aufprägung der jüngeren B aber im Uhrzeigersinn verschwenkt wurden, was einer Verschiebung des Hangenden gegen NE entsprechen könnte (vgl. Kalkphyllonite), doch ist die Sachlage noch nicht eindeutig: Man kann auch annehmen, daß die älteren B-Achsen einmal flach lagen und dadurch steiler gestellt wurden, daß die Achsen der Falten, auf deren Schenkeln sie lagen, steiler nach Westen fallend gestellt wurden, wonach die jüngeren B wieder flacher aufgeprägt wurden. Oder es gab auf einem noch flachliegenden s schon eine ältere mehr NW—SE gerichtete B und eine jüngere mehr W—E gerichtete.

#### Innervals—Geraer Hütte (Abb. 43)

Die Messungen von Innervals und Geraer Hütte sind fast homogen und lassen sich zusammenfassen. Auch hier entspricht die Lage von s keineswegs einem glatten Mantel, sondern mit  $20^\circ$  bis  $25^\circ$  nach WSW einfallender Faltung, wobei, anders als am Sillesschartl, B-Häufung und  $\beta$ -Häufung zusammenfallen, nicht horizontal, sondern ebenfalls  $20^\circ$  WSW fallend. Es liegt hier ein Schulbeispiel vor für zusammenfallendes  $\beta$  und B, welches eine syntektonische Prägung im Handstückbereich und im größeren Bereiche beweist; während verschiedene Lage von  $\beta$  und B heterotektonische Prägung im Handstückbereich und in größeren Bereichen sicherstellt. Daß kein glatter Mantel vorliegt, ergibt sich aus dem Fallen von s von S 16 E über W bis N 38 W mit vorzugsweisem NW und SW Fallen, wie es die Schenkel von Falten mit westeinfallender Achse liefern.

#### Steinernes Lamm—Höllwand (Abb. 44)

Von der Geraer Hütte die Gneise nach NW weiter umschreitend begegnen wir das zweite Schulbeispiel für die oben formulierte Beziehung zwischen  $\beta$ -Tektonik und B-Tektonik: Wenn man vom Brenner kommt, fallen hier zum erstenmal B-Häufung schwach W fallend und  $\beta$ -Häufung (sehr gestreut, ca  $25^\circ$  NW bis N fallend) gänzlich auseinander. Die mit  $28^\circ$  bis  $45^\circ$  NW bis N fallenden s sind also mit einer etwa  $30^\circ$  NW fallenden  $\beta$ -Achse im Bereiche zwischen kartierbarer Mächtigkeit und Handstück gewellt und mit westeinfallender ziemlich gestreuter B-Achse bis ins Handstück geprägt.

#### Kleiner Kaserer

Geht man von hier in die von der Tauernkristallisation nur mehr schwächer erfaßte Untere Schieferhülle am Kleinen Kaserer über, so ergibt sich der homogene Anschluß an die Phyllonite des inneren Schmirntales: horizontale B-Achsen in WE und eine schwache  $\beta$ -Wellung der etwa  $50^\circ$  nordfallenden s. Man ist damit in das Gebiet NW bis N fallender

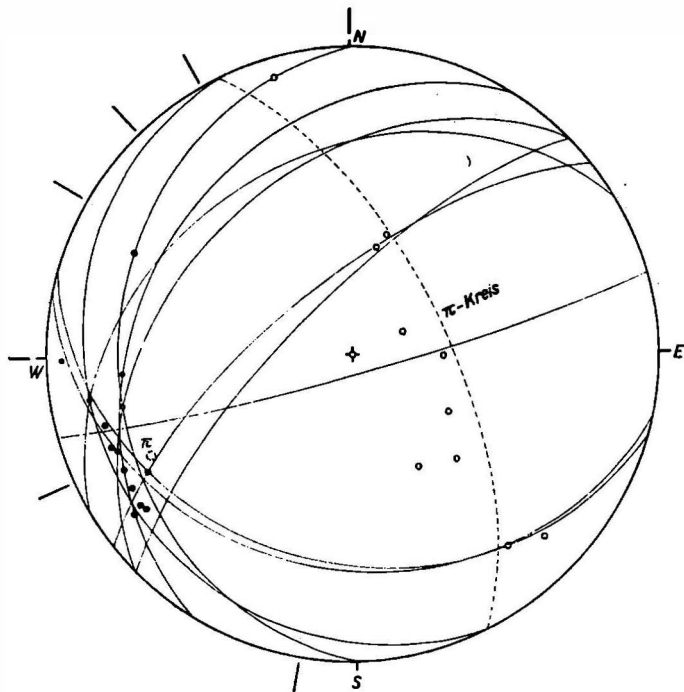


Abb. 43.

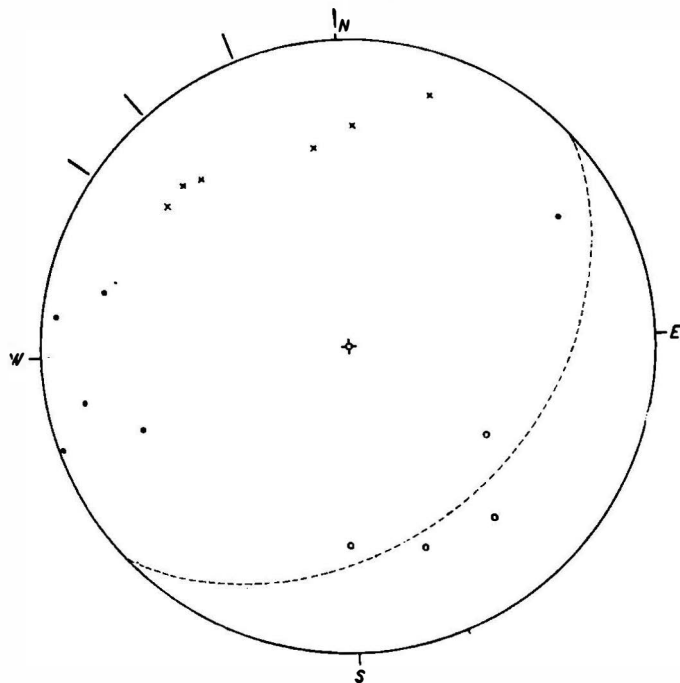


Abb. 44.

$\beta$  und B neben den W bis W 20 S fallenden Achsen eingetreten, und findet die Grauwacken tektonisch ganz mit den Phylloniten gehend, so mit B horizontal N 45 W nächst dem Hohen Nopf, ebenso N 70 W am Schönlahner, WE, 25 W im Kluppental.

#### Breitlahner—Karlsteg (Zemmtal)

Die Tauerngneise des Tuxer Zuges zeigen bei Breitlahner ein von dem allgemeinen ENE-Streichen abweichendes Verhalten:  $\beta$  und  $\pi$  streichen N 70 W und fallen 37 W, tauchen also mit  $\beta$  und  $\pi$  ungewöhnlich steil gegen West unter und auch B liegt ähnlich: N 75 bis 80 W, 25 bis 30 W.

Demgegenüber finden wir schon etwas weiter östlich (etwas außer Roßhag) und zwischen Ginzling und Karlsteg ebenfalls steil aber in W 28 S-Richtung mit 40° und 47° fallende B-Achsen.

Es ist bemerkenswert, daß sich in solcher Entfernung vom Westende der Gneise am Brenner in tieferer Lage noch so steil westfallende Achsen im Tauerngneis (vielleicht auf Faltenschenkeln?) finden, während in höheren Lagen schwächer geneigte Achsen erst am Westende der Gneise steiler in die Tiefe tauchen.

#### Berliner Hütte (Abb. 45, 60)

B fällt wie  $\beta$  und wie das mit letzterem zusammenfallende  $\pi$  nach WSW. Aber der Schwerpunkt der B-Häufung ist aus WSW im Uhrzeigersinn etwas gegen W gerückt und steiler fallend im Vergleich mit der  $\beta$ -Häufung. Der  $\pi$ -Kreis liegt N 25 W 70 E und ist nur von s-Polen steiler, vorwiegend steil N fallender s besetzt. Alle Züge des Diagramms sind eindeutig zugeordnet der in diesem Kahlgebiete übersichtlichen Tektonik: Die  $\beta$ -Häufung entspricht einer Faltungsachse von Faltungen außer dem Handstückbereich. Die Abweichung der Häufung im Handstück sichtbarer B-Achsen (steiler und im Uhrzeigersinn verlagert) entspricht der Aufprägung von B auf die nordfallenden Schenkel der größeren Falten, schräg zur Achse dieser Falten. In zwei Fällen ließ sich Interferenz zweier B auf demselben s beobachten: Einmal war das steilere B das jüngere, einmal das ältere. Es besteht also keine einheitlichen Zeitfolge in der Prägung schiefer B auf die Faltenschenkel. Über die konstruktive Horizontierung dieser Achsen und deren Deutung siehe den letzten Abschnitt dieser Arbeit. Es sei hier betont, daß das durch E. CHRISTA'S Karte so schön übersichtlich gewordene Gebiet der Berliner Hütte auch für die hier behandelte tektonische Analyse, und als Schmelz- und Assimilationszone ein Schulgebiet darstellt.

#### 2. Südlich des Brennerpasses (Abb. 46—54)

##### Roßkopf—Vallming (Abb. 46, 47)

Im N-Hang der Schleierwand gegen das Pflerschtal und im obersten Vallmingtale zeigte das meist ziemlich flachliegende Kristallin das zur Masse der Öztaler und Stubai er gehört, also sog. „Altkristallin“ in die Quadranten NW und SE fallende (beim derzeitigen Stand des Einblicks sehr gestreute) flache B-Achsen. Diese entsprechen einer SW--NE-Einspannung. Diese Achsenlage und ihr nachtriadisches Alter habe ich jenseits des Pflerschtales schon 1927 an tauernkristallinen Raiblerschichten des

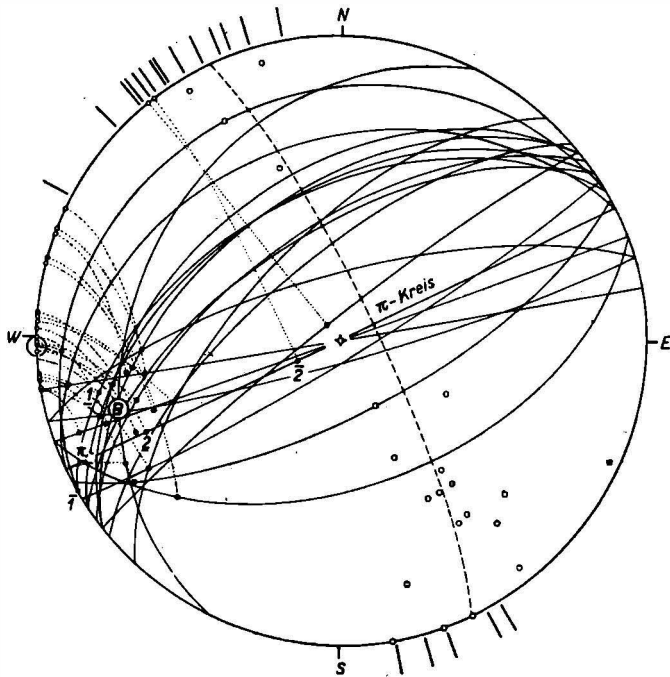
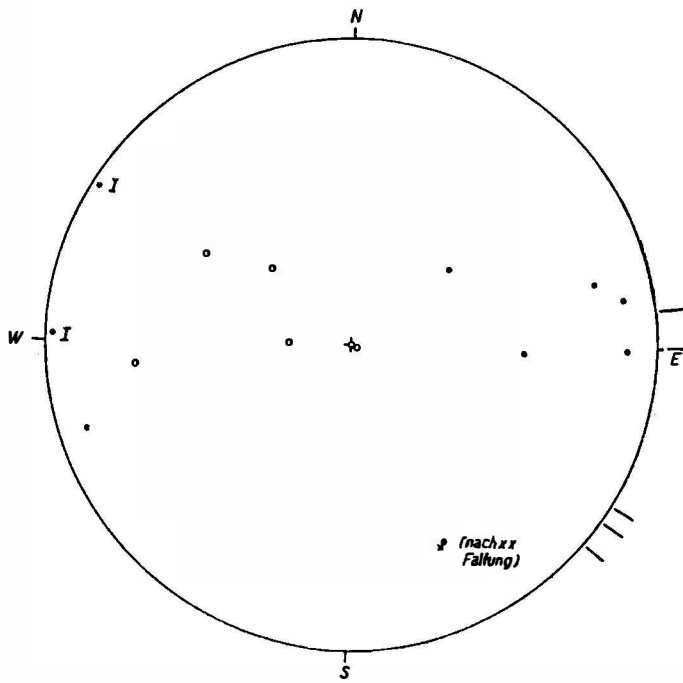


Abb. 45.



♂ (nach xx  
Faltung)

Abb. 46

Tribulaun festgestellt. Ihre Bedeutung für das nördlich anschließende Gebiet westlich der Sill ergaben erst die Arbeiten von FUCHS, südlich der Tauern ist das System durch SCHMIDEGG bekannt, nördlich der Tauern durch die mehrjährigen Achsenaufnahmen, welche ich schon an die geologische Kartierung angeschlossen habe.

Auf die SW—NE-Einspannung ist noch eine hier deutlich jüngere Einspannung erfolgt, welche zu 20° NW und 20° N fallenden Scherflächen und zu NE und EW gerichteten Wülsten und Scherungsgeraden (B-Achsen?) führte, also einer Einspannung NW—SE und NS entsprechend. Außerdem erfolgte eine WE-Einspannung mit 25° N einfallendem  $\beta$  und B zugehörig zu einer kartierbaren und westlich der Telferweißen schon seinerzeit kartierten stofftektonischen Faltung mit NS-Achse und zu einer ebensolchen Auffaltung noch östlich der Telferweißen.

Am Tauernkristallin des Vallming ergibt die bisherige Begehung eine wahrnehmbare Häufung der mit ziemlich großer Streuung in die WE-Richtung fallenden B-Achsen 10° bis 15° nach EENE. Diese B liegen auf 30° bis 60° E und SE fallenden s. Die B des Korngefüges sind manchmal nachweislich durch jüngere Faltung verlagert und gestreut, etwas westlich der Vallming Alpe im Bachbett mit nachkristalliner Faltenachse 28° nach S 28 E fallend, was vermutlich noch der jungen WE-Einspannung zuzurechnen ist. Geht man vom Roßkopf gegen Flans, so wird aus dem flachen E-Fallen der Achsen über horizontale Lage das Westfallen in den Gehängen über der Brennerlinie, wie es diese bekanntlich kennzeichnet.

Die B-Achsenprägung in der dem Tauernstrang nahestehenden Vertikalebene WWSW—EENE ist deutlich von der Tauernkristallisation überdauert, vorkristallin, gelegentlich auch eindeutig parakristallin zu derselben.

Es sind hier also drei achsiale Prägungen erkennbar:

1. Die tauernachsiale wie in den Tauern, vorkristallin. In dieser ist am Tauernwestende Mesozoikum (der Kalkphyllonite, Weißespitze b. Goßensaß) mitgeprägt; sie ist also jünger als dieses Mesozoikum.

2. Die Prägung mit Achsen etwa in NW—SE. Sie hat am Tribulaun Raibler noch in geschlossener Serie mit der Obertrias mitgeprägt, ist also jünger als Obertrias.

Diese Raibler sind tauernkristallin und parakristallin mit Querbiotit geprägt, wobei (SANDER 1927) ein Teil der Biotite phyllonitisiert wurde. 2 ist wohl jünger als das stärker von der Tauernkristallisation überholte 1.

3. Die Prägung der NS-Achsen hat die Korngefüge-Achsen von 1 und 2 vorgefunden und verlagert, ist also jünger als 1 und 2 und nachkristallin.

Diese Aussagen gelten zunächst für die betreffenden Teilräume.

Bei der Überlagerung von tektonischen Formungen und Metamorphosen ist der Zeitbegriff ebenso kritisch zu handhaben wie ich dies (1930 a) für Anlagerungsgesteine auseinander gesetzt habe. Die durch Gefügemerkmale erweisbare Aussage bezieht sich auf einen definierten räumlichen und zeitlichen Bereich innerhalb eines größeren und darf nicht ohne weiteres auf diesen übertragen werden. Die Vorgänge einer tektonisch modifizierten regionalen Kontaktmetamorphose als welche ich die Tauernkristallisation bezeichne, spielen sich nicht überall im interessieren-

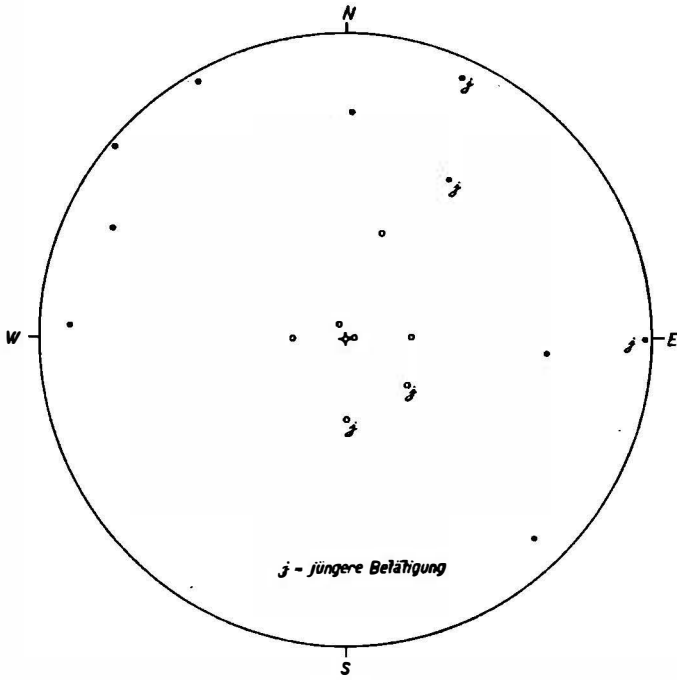


Abb. 47.

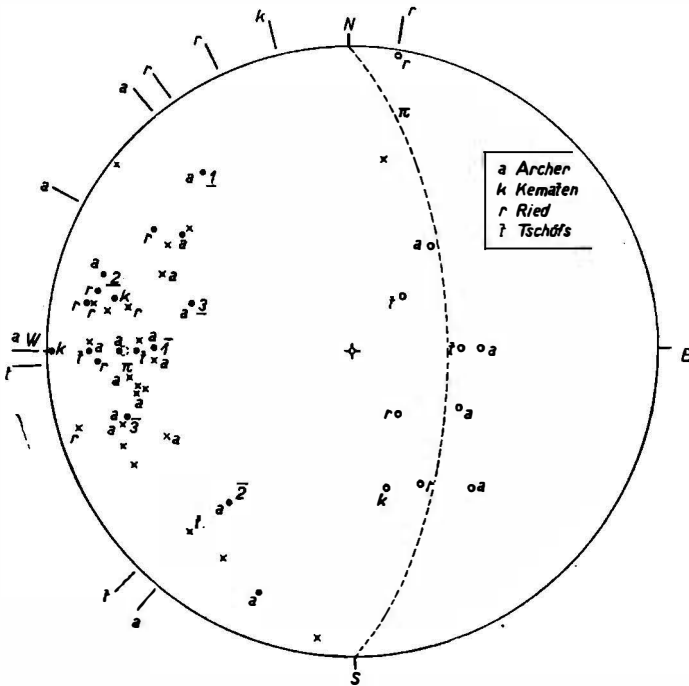


Abb. 48.



den Raume gleichzeitig ab, auch nicht überall wo sie sich gleichartig abspielen. Die Bedingungen der kristallinen Mobilisation mit oder ohne stoffliche „Weitwanderungen“ (von geochemischem Ausmaß) können sich mit langsamer Front ausbreiten, die damit interferierenden mechanischen Durchbewegungen ebenfalls. Es ist also grundsätzlich möglich, daß von derselben merkmalebildenden Bedingungsgruppe ein Teil des Gesamtraumes zu anderer Zeit der geologischen Zeittafel erreicht wird, deren unscharfe und unhomogene Gliederung den Begriff der Gleichzeitigkeit so relativ macht, daß „gleichzeitig“ an einer guten Stelle der Skala etwas anderes bedeutet als an einer schlechten; z. B. gleichzeitig innerhalb einer Varvenskala ist etwas ganz anderes als gleichzeitig innerhalb einer granitischen Aufschmelzung, oder eines geologischen „Interims“ (vgl. SANDER 1923).

Eisacktal (Ried) — Archer — Kematen (Pfitschtal) (Abb. 48, 49)

Überblickt man die Messungen auf dem genannten Wege, so ergibt sich für den Schwerpunkt der Häufung von  $\beta$  und B  $20^\circ$  bis  $30^\circ$  Fallen genau nach West, mit Streuung sowohl gegen S wie gegen N. An diesen Serien findet man etwa aus dem schon beschriebenen Gebiete kommend und über die Hänge des Flanerkopfes nach Tschöfs und Ried absteigend beteiligt: Das Tauernkristallin des Roßkopfs, altkristalline Gneisphyllonite („Phyllitgneise“), Obere Schieferhülle (meist Kalkphyllonite) und die Albit-Karbonatschiefer der tauernkristallinen Unteren Schieferhülle beim Archer in Pfitsch sowie die Kalkphyllonite von Kematen. Hiezu liefert Tschöfs genau westfallende Achsen (auf SW und W fallenden s mit SW fallendem  $\beta$ , Ried etwas gegen N verschwenkte, ebenso Kematen im Pfitschtal. Beim Archer im Pfitsch, also (vgl. geologische Karte) am West- und Nordrande der im Pfitschtal auftauchenden Unteren Schieferhülle zeigt sich dasselbe typische Bild wie am Westende der Tuxer Gneise etwa am Sillesschartl: Verstellung von s um eine etwa  $30^\circ$  nach W fallende  $\beta$ -Achse und eine beträchtliche Streuung von B durch 2 B auf demselben s. Hier ist diesfalls das jüngere B gegenüber dem älteren auf gleichem s im Uhrzeigersinn verschwenkt, also umgekehrt wie nördlich vom Brenner. Ein markantes Merkmal dieser Bilder aus der Unteren Schieferhülle also nahe dem Tauerngneis ist, daß das Fallen von s nach NW, nach W und nach SW erfolgt. Da dies wegen der engen Begrenzung der Entnahmestellen nicht einer durch s glatt ummantelten Gneiskontur entsprechen kann, so ist es ein sicherer Hinweis auf nicht wahrnehmbar aufgeschlossene Faltung im Bereiche größer als Handstückbereich und kleiner als der durch Kartierung analysierbare; ja es ist unser Verfahren der Analyse nach  $\beta$  (also nach Tautozonalität der s-Lagen) und nach B (also nach Symmetrieebenen der Beanspruchung) das kürzeste mir bekannte Verfahren um Falten jener Größe auch unter ungünstigen Umständen schon durch eine bescheidene Anzahl von Stichproben festzustellen. Wenn man nun annehmen kann, daß die verschieden alten B auf gleichen s gelegentlich des Zustandekommens der Achsendivergenz aufeinander reitender Falten geprägt wurden, so kommt es nur darauf an, auf welchen Schenkel einer westfallenden Syncline oder Antikline man sich befindet, um das einmal (1) die jüngeren B mit dem Uhrzeiger, das anderemal (2) gegen den Uhrzeiger gegenüber den älteren B im Diagramm verschwenkt zu finden. Man befindet sich dann z. B. im Falle 1 auf dem Nordchenkel, im Falle 2 auf dem Südschenkel einer Antikline und westfallender Achse; was sich für eine Syncline umkehrt.

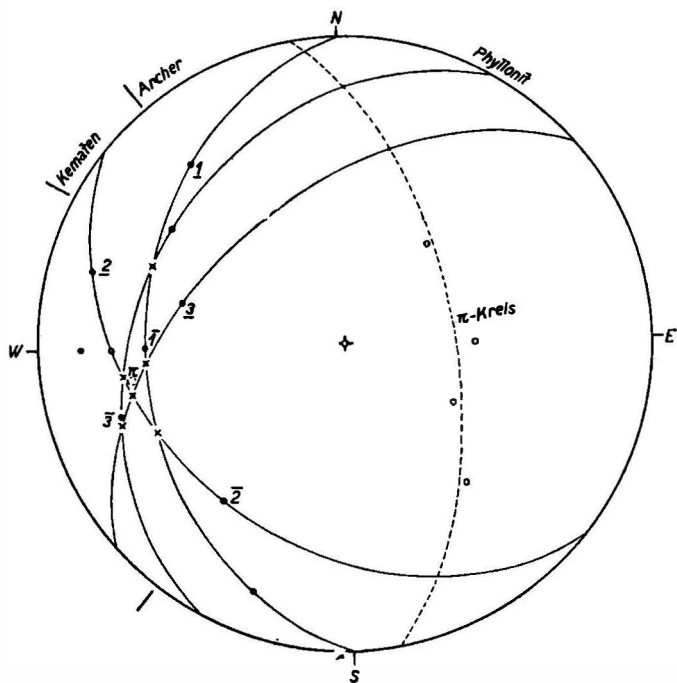


Abb. 49.

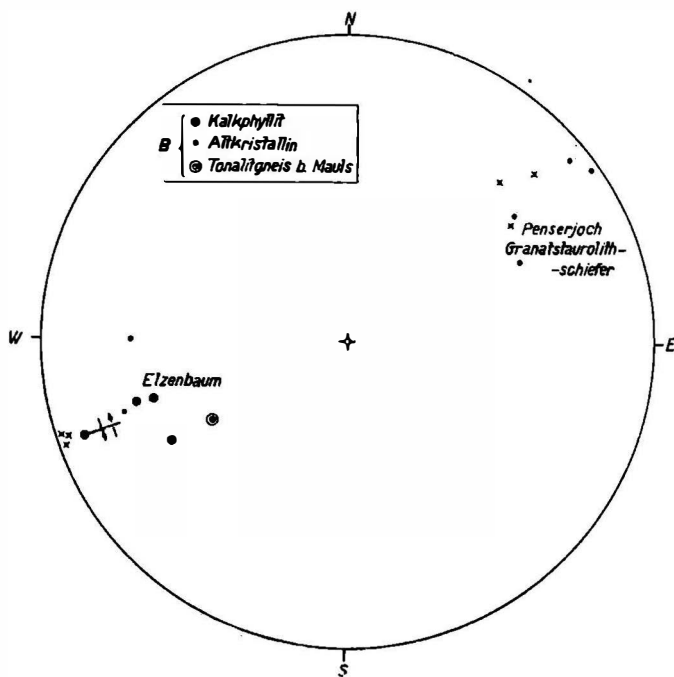


Abb. 50

## Südliches Sterzinger Becken (Abb. 50, 51)

In Übersicht lassen die Messungen dieses Gebietes bisher folgende große Züge erkennen:  $\beta$  und B tritt in den NW und SE-Quadranten ganz zurück. Es fehlen die Zeichen der Einengung SW—NE.  $\beta$  und stoffliche B-Achsen liegen in WE und in den Quadranten SW und NE, also (in örtlich bezeichnender Weise) nach beiden Richtungen fallend. Die Einengung erfolgte also wie im westlichen Tauernstrang in Ebenen, deren Streichen in die Quadranten NW und SE fällt oder NS.

Im einzelnen ergibt sich folgendes:

Links vom Eisack begegnen wir an der Grenze zwischen Gneisphylloniten und Kalkphylloniten bei Sprechenstein im Mittel  $30^\circ$  W, W  $10$  S fallende B-Achsen im saigeren Ortho- oder Fast-Orthoamphibolit. An den folgenden Gneisphylloniten, den sog. „Phyllitgneisen“ fanden sich auf saigerem bis  $75$  N fallendem s B-Achsen mit folgendem Fallen:  $20$  W;  $60$  W;  $75$  N; saiger.  $\beta$  horizontal WE.

In der westlichen Fortsetzung der Sprechensteiner Amphibolite, der Gneisphyllonite und Kalkphyllonite jenseits des breiten Sterzinger Beckens finden wir bei Elzenbaum einen der entscheidenden Aufschlüsse für das von Matrei bis hierher herrschende Untertauchen der stofflichen und der nichtstofflichen B-Achsen und der  $\beta$ -Achsen unter die tektonisch höheren im W folgenden Serien. In Abb. 50 gehören die etwa  $25^\circ$  nach W  $20$  S fallenden B-Achsen, kurz alle auf der Westhalbkugel liegenden und das zugehörige horizontale  $\beta$  zu den Kalkphylloniten (größere Punkte!) und Gneisphylloniten bei Elzenbaum—Schießstand Sterzing, die mit  $0^\circ$  bis  $40^\circ$  nach N  $55$  E fallenden B und  $\beta$ , also die auf der Osthalbkugel gehören den Penser Glimmerschiefern vom Penserjoch gegen Stilfes an. Auf der Jaufenstraße finden wir bei Gasteig auf WSW streichenden s (verlagert um eine gleichstreichende  $\beta$ -Achse) W bis WNW-Streichen und ( $20^\circ$  bis  $30^\circ$ ) W bis WNW-Fallen der B-Achsen. Von großem Interesse ist dabei eine in W  $37$  S mit etwa  $10^\circ$  W fallende in bezug auf die Kristallisation vorkristalline B-Achsenlage am Jaufen (Westseite). Diese Achsenlage bezeugt eine von der Kristallisation der mineralreichen Glimmerschiefer von Pens überdauernde Einengung in NW—SE streichenden Ebenen. Das ist auch die Richtung der vorkristallinen Einengung des Tauernwestendes. Vorkristalline Einengung in gleicher Richtung ist ein Hinweis darauf, daß die Kristallisation der mineralreichen Glimmerschiefer von Pens, die Laaser Kristallisation, vielleicht nur in den Bedingungen für die Mineralfazies von der Tauernkristallisation verschieden ist. In dieser Richtung weist auch die große Ähnlichkeit mancher Teile der Hochfeiler-Hülle mit Laaserschichten, die Ähnlichkeit mancher Glieder des Ötztaler und Stubai „Altkristallins“ mit Tauernkristallin (z. B. biotitisierte Garbenschiefer, Albitationen, Granat, Biotit) und die schon 1911 von mir vertretene Auffassung, daß gleiches „Altkristallin“ wie in den Ötztälern auch in den Tauern von jüngeren Graniten intrudiert sei. Erst eine über das ganze alpine Kristallin erstreckte gefügekundliche Analyse nicht nur mit den schon seit 1911 hierfür beantragten Mitteln der Unterscheidung des zeitlichen Verhältnisses von Deformation und Kristallisation in Tektoniten, sondern mit neuen Mitteln kann derartige Fragen im Kristallin klären und zu einer haltbaren Synthese führen, welche allenthalben auf neue Grundlagen zu stellen wäre.

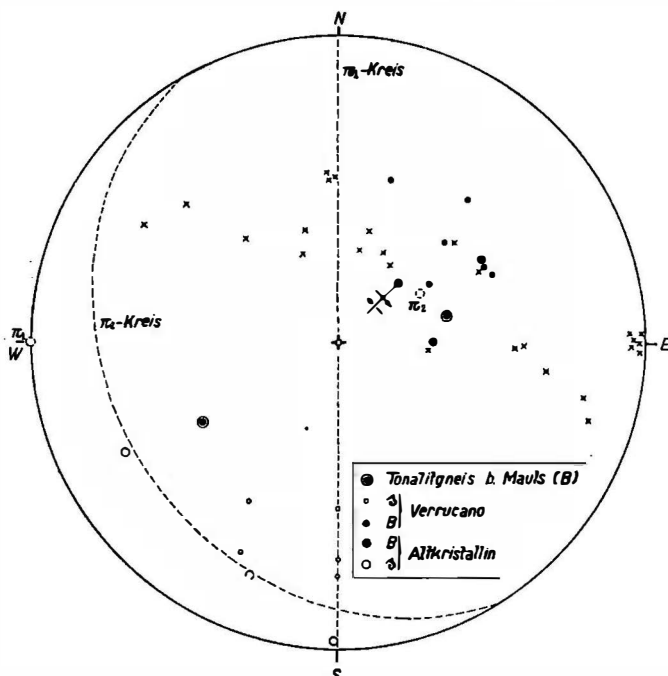


Abb. 51.

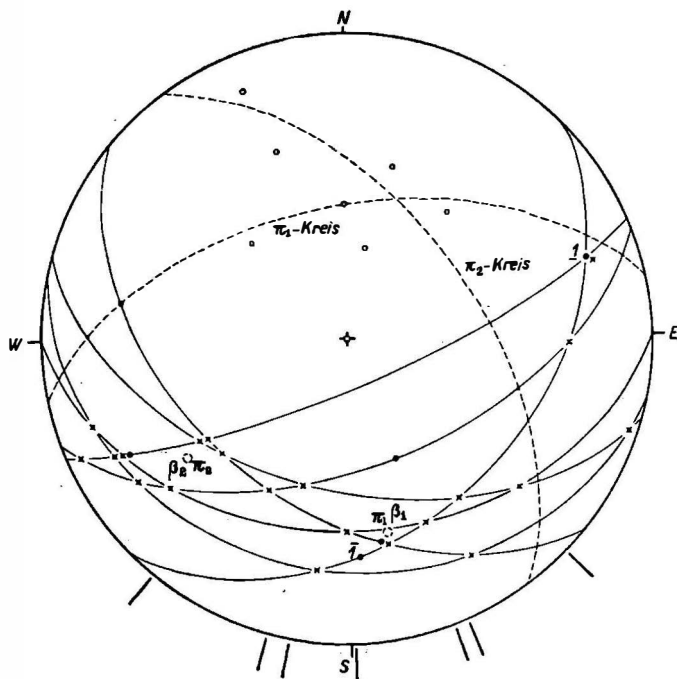


Abb. 52.

Anschließend sei gleich vorweggenommen, daß auch die B-Achsen des geschieferten Tonalites („Tonalitgneis“) bei Mauls in die Vertikalebene WSW—ENE fallen. Sie gehören also in das Bild der in bezug auf die Laaser Kristallisation und Tauernkristallisation vorkristallinen Prägung und Einengung NW—SE. Man wird die so deutlich mit granitisch-pegmatitischem Material gemischten Penser Glimmerschiefer von den so deutlich assimilierenden Tonaliten und ihrer Kristallisation ebensowenig zeitlich und räumlich scharf abtrennen können wie etwa die hybriden Gneise vom primären Nordkontakt des Rensentalites (= Brixener Tonalit), welche ich als klassische Mischgesteine schon 1906 mit beweisenden Lichtbildern dargestellt habe. Die bisherige tektonische Gefügeanalyse scheint zusammen mit anderen Befunden (aber gänzlich unabhängig von denselben durchgeführt) darauf hinzuweisen, daß in die Prägungszeit des westlichen Tauernstranges und in die NW—SE-Einengung der tirolischen Zentralalpen auch eine jüngere Granitisation in den Tauern, in den Ötztalern, im Brixener Granit (und weiter Adamello?) hineinfällt und vielleicht auch noch in Predazzo.

Bei Mauls läßt sich von der Einengung NW—SE feststellen, daß sie altkristalline Gneisphyllonite („Phyllitgneise“) und jüngere Arkosen (Maulser „Verrucano“) vollkommen syntektonisch ergriffen hat.

Mit großer Steilheit (40° bis 70°) fallen die nachkristallinen B-Achsen für Arkosen und Gneisphyllonite nach NE bis E. Es kommt zur Ausbildung steilachsigen Untertauchens stofflicher B-Achsen gegen E, so an den Triaskalken im Maulser Himmelreich, welche noch bei Welfenstein eine flachere Synkline bilden.

Den steil NE fallenden B und  $\beta$  entspricht die s-Pol-Anordnung  $\pi_2$  der Abb. 51.

Eine scharfe  $\beta$ -Häufung WE horizontal bezeugt auch meridionale Einengung.

Die am Tauernwestende, ja in den Ostalpen so oft begegnete Überlagerung meridionaler und nordwestlich-südöstlicher Einengung ist also auch am N-Rande des Brixener Granits bei Mauls durch B- $\beta$ -Diagramm nachgewiesen. Die NW—SE-Einengung prägt im Brixner Tonalit korrelate B-Achsen mit Verheilung zerbrochener Feldspate durch Feldspat also protoklastisch im angegebenen Sinne.

Quarzphyllite und -phyllonite im Brixener Becken (Abb. 52 bis 54)

Den mehrfach scharfen Gegensatz im Bau der Gebiete nördlich und südlich des Brixener Granits habe ich schon durch die geologische Kartierung der Blätter Brixen und Meran in groben Zügen dargestellt — etwa im hinteren Sarntal, wo mit gemeinsamen stofflichen Gliedern die steilen nördlichen Serien an die flachen südlichen stoßen — oder am Pustertal-Ausgang, wo NS streichende südliche Phyllonite an WE streichende nördliche stoßen. Eine genauere Aufnahme des Gefüges ist also von besonderem Wert und deshalb werden erste Anfänge hiezu vorgelegt.

Im Spilucker und Schalderstal fallen die s mit 25° bis 55° gegen Süden in den südlichen Raum zwischen W 50 S und S 45 E. Es ist hier als hätte man das Westende der Tauern in die NS-Richtung gedreht: Bei gleichem Diagramme der Flächen ist hier wie dort die Streuung des Fallens nicht

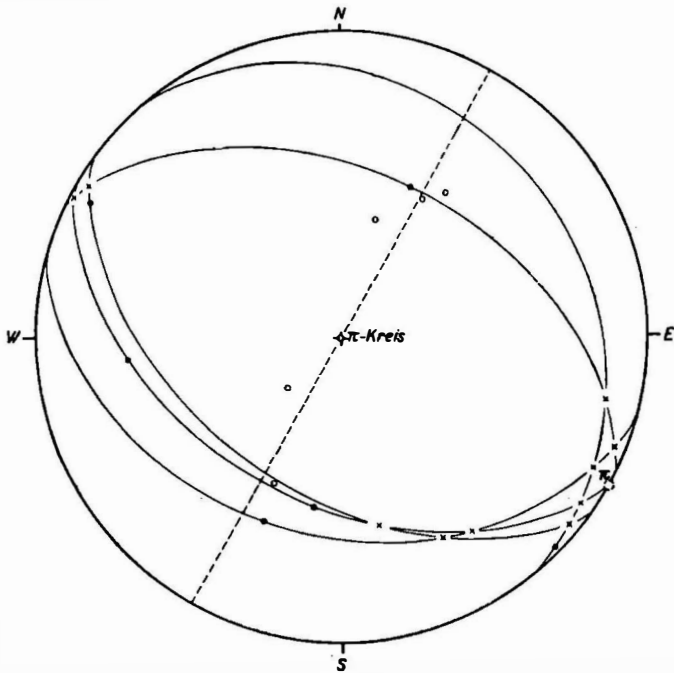


Abb. 53.

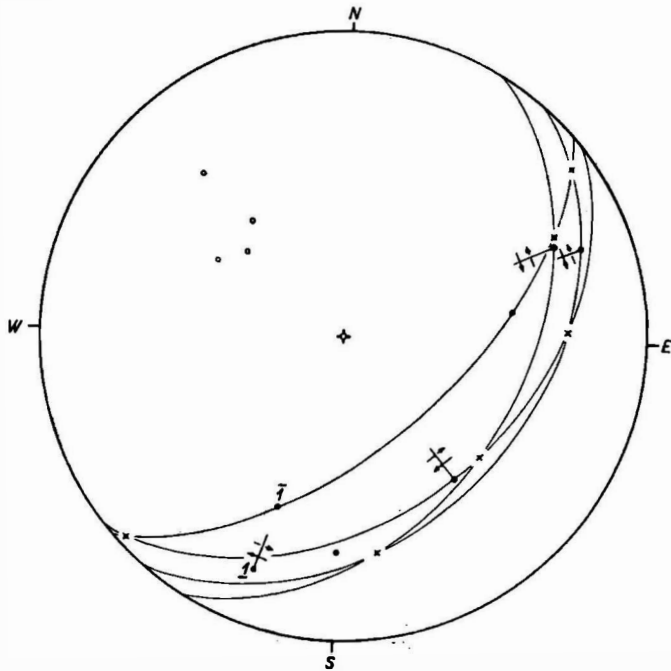


Abb. 54.

durch einen glatten Mantel um Granit (hier Brixener Granit, dort Tauern), sondern nur durch Faltung, hier mit WE-Einengung, erklärbar. Fast genau nach S fällt mit etwa  $45^\circ$  auch die einzige schwache Häufung der B-Achsen (zu  $\pi_1 \beta_1$ ). Daneben ist als Vertikalebene für  $\beta$  und  $\beta$  WSW—ENE wahrnehmbar (zu  $\pi_2 \beta_2$ ); die nach dem Kartenbilde vielleicht meist-erwartete WE-Ebene fehlt. Es ist also WE-Einengung und wahrnehmbar auch NNW—SSE-Einengung abgebildet. Der Zusammenhang zwischen  $\beta$  und B in diesem Raume wurde als Analysenbeispiel schon im allgemeinen Teile erörtert.

Deutlicher findet sich die NW—SE-Einengung in den Quarzphylliten von Afers am Nordrande der Perm- und Triasfolge der Dolomiten wieder: Die s fallen  $35^\circ$  bis  $60^\circ$  ziemlich genau SE, also wieder der Einengung NW—SE entsprechend. Auch einige mit  $20^\circ$  bis  $40^\circ$  ENE fallende B-Achsen gehören in dieses Bild. Kein  $\beta$ , aber die stärkste Häufung von B etwa mit  $30^\circ$  nach S fallend entspricht der ostwestlichen Einengung. Die Relativbewegung  $\perp$  B war bei den ungefähr WE eingestellten B „Höheres Südlicheres gegen S“, auf den NS eingestellten B „Höheres Südlicheres gegen W“. Das entspräche etwa einer Relativverschiebung eines von seiner Unterlage nach S und W abgleitenden Dolomitenklotzes.

Ganz andere Verhältnisse als am S-Rande des Brixner Granits und am Nordrande der Dolomiten bei Afers trifft man mehr in der Mitte des Brixener Quarzphyllits an der Straße Brixen—Lüsen, welche auch eines der schönsten mir bekannten Beispiele für die gradweise Einschlichtung von Quarz-Quergängen in den aus kristallinen Tonschiefern entstehenden Quarzphyllonit enthält, in welchem sie zu jenen Quarzlin sen werden, deren andersartige Entstehung man gelegentlich angenommen findet. Das B- $\beta$ -Diagramm dieser Straße zeigt neben geringen Spuren mehr ostwestlicher Einengung ein deutliches  $\beta$  mit wenig B fast horizontal in W 30 N, also Abbildung der Einengung SW—NE, welche nördlich des Brenners eine große Rolle spielte.

Die bisherigen Stichproben, deren Vermehrung durch tektonische Gefügemessungen von seiten der Feldgeologen hier wie allenthalben zu wünschen wäre, haben alle tektonischen Einengungsrichtungen nördlich des Brixener Granits im „dinarischen“ Raume südlich des Brixener Granits wieder finden lassen; bisher ohne die genau meridionale Einengung und mit größerer Deutlichkeit der ostwestlichen.

Das ganze Gebiet ist nicht gefügehomo gen, aber eine gewisse Persistenz der  $\beta$  und B-Häufungen und Tautozonalitätsachsen noch wahrnehmbar. Wenn man also die Daten des ganzen Gebietes in ein Sammeldiagramm einträgt, so bleiben die gefundenen Häufungen von B und  $\beta$  deutlich und es erlauben letztere, aus der ganz unübersichtlichen Vielzahl von s-Polen die auf Zonenkreisen zu den  $\beta$ -Häufungen liegenden „tektonisch tautozonalen Flächenlagen“ herauszuheben, was ja eine von der B- $\beta$ -Analyse zu lösende Aufgabe ist.

### 3. Ergebnisse der konstruktiven Rotation von B-tragenden s-Flächen in die Horizontalebene („Horizontierung“)

Die Beziehungen zwischen der Prägung echter B-Achsen und der Verlagerung der solche B-Achsen tragenden s, also zwischen der Entstehung

des linearen und des flächigen tektonischen Gefüges, kann man auf mehrere Arten klären; was die rein geometrische Seite der Sache anlangt zunächst auf zwei Arten:

1. Durch die eben für unser Gebiet durchgeführte Gegenüberstellung der Häufungen von B und von  $\beta$ , was Lage, Schärfe und Gestalt der Häufungen anlangt.

2. Durch die sehr rasch durchführbare konstruktive Rotation der B-tragenden s in die Horizontalebene (kurz „Horizontierung“ von s und B) entweder um das Streichen von s oder um die Gerade durch die  $\beta$ -Häufung der betrachteten s; letzteres falls das, möglicherweise bei Verlagerung der bereits B-tragenden s-Flächen entstandene  $\beta$  stark von der Horizontalage abweicht. Es wird diesfalls zuerst  $\beta$  selbst um das „Lot auf  $\beta$  in der Horizontalabene“ horizontal gestellt, wobei alle B-Pole mitrotiert werden. Dann wird um  $\beta$  jedes s mit B wie in der Gefügekunde üblich auf den Kleinkreisen  $\perp$  Rotationsachse bis an die Peripherie des Zeichenkreises

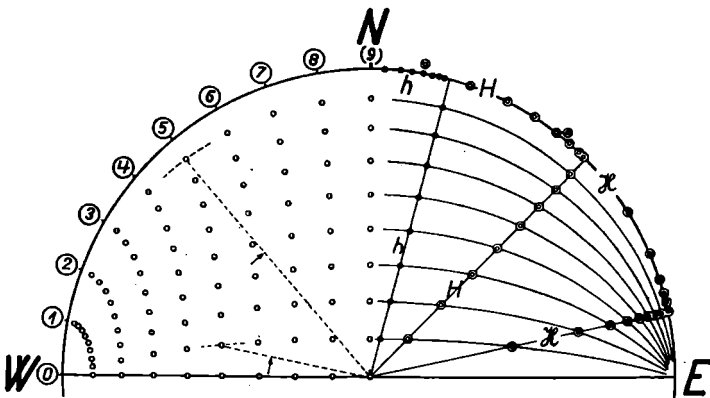


Abb. 55.

rotiert. Hierbei ist der Weg für überstürzte Lagen von s ein anderer als für nicht überstürzte, wie die anschauliche Betrachtung sofort ergibt.

Man macht sich zunächst ein allgemeines Bild davon, wohin bei „Horizontierung“ B-Achsen gelangen, welche auf demselben s liegend mit dem s-Streichen jeden Winkel von 10 zu 10 Grad einschließen: Sie verteilen sich von 10 zu 10 Grad auf die Peripherie, wobei sie entsprechend auseinanderrücken; Häufungen bleiben erhalten (Abb. 55 links).

Dann macht man sich ein Bild, wohin die unter gleichem Winkel mit dem s-Streichen auf verschiedenen steil fallenden s liegenden B durch Horizontierung gelangen: Sie gelangen folgerichtig alle an denselben Punkt der Peripherie, erfahren also bei Horizontierung äußerster Häufung. Wenn also die B-Achsen verschieden steil fallender s vor der Horizontierung auf demselben Kleinkreis ( $\perp$  Rotationsachse = s-Streichen) liegen, so fallen sie nach Horizontierung zusammen. Eine solche Lage auf einem Kleinkreis beweist also, daß die „verschiedenen“ B der verschiedenen s nur ein einziges vor Verstellung der s noch bei dessen Horizontalage geprägtes B sind.

Schließlich ist von Wichtigkeit, wohin bei Horizontierung die so oft



beobachtbaren B gelangen, welche auf verschiedenen s und mit verschiedenem Winkel zum s-Streichen, aber in ein und derselben Vertikalebene („Achsenebene“) liegen. Diese werden an der Peripherie (also am Horizont) durch Horizontierung umso stärker gehäuft, je näher die Achsenebene der Fallrichtung kommt; Häufungen in der Achsenebene bleiben erhalten. Häufungen in der Peripherie lassen aber nicht auf Häufungen in der Achsenebene schließen (Abb. 55 rechts).

Für nichtgehäufte B mit gemeinsamer Achsenebene ist die Ableitung von einer einzigen Prägung auf söhligem s ausgeschlossen. Solche nicht gehäufte B gleicher Achsenebene verteilen sich bei Horizontierung auf das Peripheriestück zwischen Achsenebene und Fallebene, können also nicht als eine Achse auf söhligem s entstanden sein, wohl aber als ein etwas gestreutes Achsenbüschel auf söhligem s (Abb. 55 rechts).

Ein ganz gleichmäßiges auf ein horizontales s verteiltes System von B verschiedener Richtung (z. B. 10 zu 10 Grad) gibt bei Faltung dieses s charakteristisches Zusammenrücken aber mit gleichen Abständen an der Peripherie des als Faltenschenkel aufgestellten s, nicht ein Maximum oder eine gemeinsame Achsenebene.

Zeigt nach Horizontierung die Verteilung von B eine verstärkte Häufung, so spricht das für eine Prägung auf söhligem s und dessen nachträgliche Verstellung; denn nur eine verschieden starke Steilstellung der B-tragenden s kann die bei Horizontallage der s noch parallelen B divergent machen. Eine Schwächung der B-Häufung bei Horizontierung spricht gegen Anlage von B auf söhligem s.

Liegt nach der Horizontierung (Abb. 55) die Achsenhäufung peripher in 1, 2, 3 usw., so haben vor der Ebnung die Achsen auf den verschiedenen steilen tautozonalen s angenähert die mit Kreisrößen bezeichneten Lagen auf den Breitenkreisen eingenommen, also mit gleichem  $\chi$   $\zeta$  auf allen s. So angeordnete B können nicht auf bereits als Flächenbüschel angeordnetes s aufgeprägt werden, sie würden diesfalls, wie weiter unten gezeigt ist, eine Anordnung „B mit gemeinsamer Achsenebene“ ergeben, also nicht auf demselben Breitenkreise, sondern auf demselben Radius des Netzes liegen. Die erstere Anordnung ist einer Prägung vor Verstellung der s, die zweite einer Prägung auf verstellten s zugeordnet.

Tritt nach der Horizontierung die Häufung im W Punkte auf, so liegen geometrisch die B vor der Horizontierung im Streichen der s, bzw. bildeten einen geringen Winkel mit diesem Streichen. Über die Aufprägung von B auf s vor, bei oder nach dessen Verstellung (tautozonal mit verschiedenen Fallwinkeln) ist diesfalls nichts gänzlich Eindeutiges zu erschließen, wohl aber die Anlage von B und die Verstellung von s (mit Zonenachse // B) in symmetriekonstanten Vorgängen sicher und damit im selben tektonischen Vorgänge wahrscheinlich; wie letzteres der Tektoniker — vielleicht allzuoft — annimmt wenn er keine Gründe für die zeitliche Trennung symmetriekonstanter Vorgänge hat.

Tritt nach der Horizontierung die B-Häufung um den N Punkt (Abb. 55) auf, so lagen die B vor der Verstellung von s im N Punkt — Prägung eines B auf söhligem s — oder es erfolgte eine Prägung verschiedener B auf die s des tautozonalen Büschels etwa als Knickfalten bei Pressung in dessen Zonenachse (W—E).

Wenn durch konstruktive Horizontierung eine B-Häufung in NW (allgemein zwischen Streichen und Fallen der s) entsteht, so ist im allgemeinen die Prägung dieser B vor der tautozonalen Verstellung von s anzunehmen. Nicht aber im wichtigen Sonderfalle gleichstreichender, vor der Horizontierung in derselben Vertikalebene („Achsenebene“, „Streichen der Achsen“) liegender B. Deren Prägung auf tautozonal verstellten s ist wahrscheinlich, wie die folgende Betrachtung zeigt.

Zur Veranschaulichung wählen wir eine Lagenkugel, welche nur Meridiane aufgezeichnet trägt. Die „Erdachse“ dieser Kugel stellen wir horizontal WE. Die Meridiane zeichnen dann auf der Kugel ein Büschel sich in der Erdachse schneidender Ebenen. Dies sind unsere tautozonalen s mit verschiedenem Fallen. Nun schneiden wir diese Kugel durch eine Vertikalebene „E“ in SW—NE. In dieser als Achsenebene sollen alle „B mit gleicher Achsenebene“ (oder „gleichstreichenden B“) liegen, welche die so verschieden fallenden s-Flächen zeigen. Da diese B alle auf E liegen und zugleich auf  $s_1, s_2, s_3$  usw., so sind diese B die Schnittgeraden zwischen E und  $s_1, s_2$  usw. Ihre Durchstoßpunkte auf der Kugel sind also die Schnittpunkte des Kreises E mit den Kreisen  $s_1, s_2, s_3$  usw., das ist mit den Meridianen. Es ist nun die Frage ob diese  $B_1, B_2, B_3$  usw. wirklich echte B-Achsen sein können, in welchen die Bewegung in  $s_1, s_2, s_3$  normal auf  $B_1, B_2, B_3$  verläuft. Dies trifft dann zu, wenn dem Lot auf E (als Richtung der Pressung) in jedem s eine Gleitung  $\perp B$  entspricht. Dies wieder trifft zu, da jede der Ebenen  $s_1, s_2$  usw. mit dem Lot auf E einen Winkel  $< 90^\circ$  einschließt (im vorliegenden Fall  $< 45^\circ$ ) dessen Schenkel zusammen mit dem Lot auf E also mit der Druckrichtung in einer Ebene  $\perp B_1, B_2$  usw. liegen. Dieser Winkel ist aber bei jeder Lage von E gegenüber der Zonenachse der Ebenen  $s_1, s_2, s_3$  usw. kleiner als  $90^\circ$  mit alleiniger Ausnahme des vertikalen s, wenn E in der Zonenachse liegt und also mit diesem vertikalen s zusammenfällt. Es ist also bei Druck  $\perp E$  immer Gelegenheit zu Gleitung in  $s_1, \perp B_1, s_2, \perp B_2$  usw. gegeben.

1. Finden wir also auf tautozonalen s mit verschiedenem Fallen B-Achsen mit gemeinsamer Achsenebene E (sogenannte gleichstreichende B-Achsen) so können diese in einem einzigen tektonischen Akte „Pressung  $\perp E$ “ den verschiedenen s in ganz verschiedener Lage aufgeprägt sein.

Eine zweite wichtige Beziehung läßt sich aus Abb. 55 rechts ablesen: Gleichstreichende B-Achsen auf ganz verschieden fallenden s sammeln sich bei konstruktiver Horizontierung dieser s in einem Maximum an der Peripherie des Zeichenkreises.

2. Denkt man sich also eine B-Häufung gebildet auf horizontalen s vor deren Verstellung, also einer und derselben tektonischen Einspannung  $\perp B$  entsprechend, so ordnen sich nicht alle (s. o.) aber zahlreiche B dieser Häufung, bei nachträglicher Verstellung der s, gleichstreichend an.

3. Aus 1 und 2 ergibt sich eine nicht theoretische aber praktisch nur in deutlichen Fällen vermeidbare Mehrdeutigkeit zweier Befunde an gleichstreichenden B-Achsen.

a) Wenn die B tautozonalen Flächen nur angenähert und in der Mehrzahl auf einer gemeinsamen Vertikalebene („Achsenebene“) liegen, so können sie auch vor der Verstellung von s aus der Horizontallage geprägt sein; während genaues Gleichstreichen für Prägung auf verstelltem s entscheidet.

b) Wenn nach der konstruktiven Horizontierung gleichstreichender B eine gegen das Fallen hin unscharf begrenzte B-Häufung peripher erscheint, so können diese B entweder vor oder nach Verstellung der s auf diesen geprägt sein.

4. Eine B-Häufung, in Abb. 55 mit verschiedenen Buchstaben H bezeichnet, nach der Horizontierung auftretend und je nach Lage deutlicher oder weniger deutlich auf eine Häufung in der Achsenebene beziehbar, muß auf ein Vorwiegen der Messungen auf s bestimmten Fallens zurückgehen; denn eine vor der Verstellung von s geprägte Häufung von B (H) hat nach der gleichmäßigen Verstellung von s seine B nicht in einer

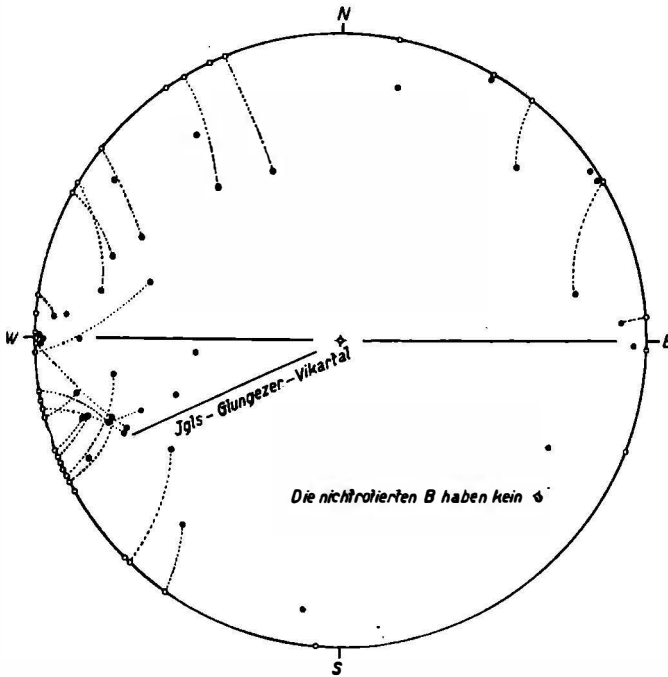


Abb. 56.

Achsenebene „gleichstreichend“ angeordnet, sondern auf einem Breitenkreis um das Streichen von s (vgl. Abb. 55 links).

Ist die Achsenebene WE, liegt sie also im Streichen, so liegen alle B auf einem einzigen vertikalen s, auf welches sie vor oder nach dessen Seigerstellung geprägt wurden.

In der Abb. 55 sieht man eine dem Streichen nahe (ENE) eine dem Fallen nahe (NNE) und eine mittlere (NE) solche Achsenebene. Bei konstruktiver Horizontierung der diese Achsen gleicher Achsenebene tragenden s wandern die Häufungen H,  $\mathcal{H}$ , h der Achsenebene als Häufungen an die Peripherie. Außerdem aber sieht man, daß die Achsen gleicher Achsenebenen bei konstruktiver Horizontierung der diese Achsen gleicher Achsenebene tragenden s an der Peripherie sich um so mehr häufen, je

ferner die betreffende Achsenebene dem Streichen und je näher sie dem Fallen der  $s$  liegt.

Einer peripheren Häufung nach konstruktiver Einebnung der B tragenden  $s$  braucht weder im Falle ungleichstreichender B noch im Falle gleichstreichender B eine Häufung der nicht konstruktiv horizontierten Achsen zu entsprechen. Ob die Verstellung des  $s$  und die Prägung der Achsen syntektonisch ist, entscheidet das Zusammenfallen bzw. Nicht-zusammenfallen der Häufungen B und  $\beta$ .

Im folgenden sind die Ergebnisse der „Horizontierung“ für die bereits beschriebenen Gebiete in Übersicht gebracht und den Ergebnissen gegenüber gestellt. Man lernt dabei in welchen Fällen sich eine neue Einsicht ergab.

In den Albitphylloniten von Innsbruck, Vikartal usw. liegen die B-Achsen flach und ihre Horizontierung ergibt nichts Neues; sowie dies geometrisch von flachen und von auf flachem  $s$  liegenden Geraden zu erwarten ist. Flache Achsen auf steilem  $s$  liegen eben im Streichen und bleiben als Rotationsachsen unverlagert; ebenso verlagern sich notwendig ebenfalls flache Achsen auf flachem  $s$  bei keiner Rotation merklich.

Am Südrande des Quarzphyllitgebietes am Grafmarter sind die nicht nach W oder NE fallenden Achsen wahrscheinlich mit  $s$  verlagert, da sie nach Horizontierung dem W oder NE Maximum näher rücken.

Da die Quarzphyllite und Kalkphyllite in der Lizum gleiche Achsenhäufungen haben, also zusammen als ein Paket geprägt wurden, kann man deren Achsen in ein Diagramm zusammenzeichnen (Abb. 56). Das W—E Maximum der B wird durch die Horizontierung nicht bewegt, das WSW Maximum dagegen wird schärfer und fällt nach der Horizontierung genau in die Richtung des WSW Maximums der Innsbrucker Quarzphyllite. In der Horizontierung liegt es um  $10^\circ$  näher an W. Das weist auf eine Steilstellung der B-tragenden  $s$  durch N—S-Einengung in der Lizum und dabei vollzogene Verlagerung bereits auf  $s$  vorhandener B gegen den W Punkt. Die konstruktive Horizontierung der B-tragenden  $s$  ergibt allerdings direkt die geometrischen Einzelwege der B bei Verlagerung von  $s$  aus der horizontalen Lage der W—E-Ebene entgegen. Aber daraus läßt sich der wirkliche Vorgang nicht erschließen, denn auch irgendwelche erst auf steile  $s$  geprägte B wandern bei Horizontierung mit ihren Häufungen von der Rotationsachse (W—E) weg.

Die Quarzphyllite und Kalkphyllite der Brennersenke und im Tauernmantel, gemeinsam geprägt, zeigen vor wie nach der Horizontierung das B Maximum in der W—E Ebene aber eben vor der Horizontierung mit Fallen gegen W. Das entspricht gut einer Aufrichtung bereits in W—E horizontal auf söhliges  $s$  geprägter Achsen, wenn diese Achsen heute auf N oder S fallenden  $s$  liegen. Liegen sie aber auf W fallenden  $s$ , so ist über jene Aufrichtung nichts ausgesagt; so im vorliegenden Falle.

Das WSW Maximum von B wird durch Horizontierung etwas deutlicher und bei verstellten  $s$  etwas gegen W hin verschoben, entspricht aber in beiden Fällen noch deutlich dem WSW Maximum außerhalb der Brennersenke z. B. im Innsbrucker Quarzphyllit.

Im Kalkphyllit des inneren Schmirntales (mit Geierspitze—Junsjoch) ist die nicht horizontierte B-Häufung schärfer und genau in W—E; übrigens eines der besten Beispiele für Konstanz der Achsenebene bei verschiedenen

s-Fallen. Da das gute Zusammenfallen der  $\beta$  und B-Maxima außerdem die syntehtonische Entstehung von B und s-Gefüge aussagt, so ist Prägung der genau westfallenden B bei söhligem s unwahrscheinlich. Die Grauwacken in Hinterschmirn haben das WSW Maximum von B, das den Kalkphylliten bei deren fast ausnahmslosem Nordfallen fehlen muß und fehlt, während es in den Kalkphylliten des Tuxertales wieder auftritt, und zwar schärfer im horizontierten Zustande also wahrscheinlich bei noch flachen s angelegt. Dafür sprechen auch die Verhältnisse an der Langen Wand bei Lanersbach im Tuxertal, wo eine nach WSW fallende B-Häufung horizontiert in eine schärfere genau in W übergeht, also wohl vor Steilstellung von s in W—E angelegt wurde (Abb. 57). Die Tuxer Grauwacken zeigen das B-Maximum in W—E und in W 20 S, letzteres kaum merklich westlicher als das WSW Maximum im Quarzphyllit. Auch die NW Achse des Tauerngneises von Lans und die NE Achse der Laaserfazies (Stubai) vom Patscherkofel sind schwach vertreten, ohne daß in irgend einem Falle die Horizontierung eine Verlagerung der überwiegend fast oder ganz im s-Streichen liegenden B-Achsen ergibt.

An den Radiolariten der Lizum sind nach Horizontierung alle B-Häufungen der auch heute flachen s leicht wieder zu erkennen ohne deutbare Konzentrationsunterschiede der Häufungen und ohne Verschiebungen.

Wenn man längs der Gneiskontur von Süden (Schlüsseljoch bis Landshuter-Hütte) kommt, erfolgt die Prägung von  $\beta$  und von B mit Maximum in WSW syntehtonisch und unabhängig (besonders Zirag!) von den Fallrichtungen des Mantels (SSE bis NNW an dem nicht mehr glatten Mantel gemessen). Am Schlüsseljoch liegt das nicht horizontierte B-Maximum in Ebene W 10 S während die horizontierten B mit dem Maximum W 20 S bei Landshuter-Hütte übereinstimmen, also durch Faltung mit N—S-Einengung verlagert sein können. Führt man die Horizontierung im Gebiet der Landshuter-Hütte durch (Abb. 58), so erhält man für horizontale s eine so gleichmäßige Vertretung aller B-Richtungen zwischen W 30 S und W 20 N, daß eine solche Anlage auf söhligem s höchst unwahrscheinlich ist. Die heutigen Achsenebenen WSW und W—E heben sich allerdings auch nur schwach aber wie die horizontierten zu ihnen gehörigen B noch sichtbar hervor.

Am Sillesköpfl rückt durch Rotation von  $\beta$  (dort = s-Streichen) die stark gestreute B-Häufung zwischen WSW und W nach W als Zentrum. Der Umstand, daß die B umso steiler (nach W) fallen je näher sie an W liegen, spricht dafür, daß es sich dabei um zuerst flach auf flachem s ungefähr gegen WNW weisende und bei Rotation der s und  $\beta$  (SW) also bei Andrängung des s-Mantels an die SW—NE streichende NW fallende Gneiskontur erst in W gesammelte B handelte (Abb. 59).

Von der Geraer Hütte gegen NW aus dem Gneis in dessen Hülle gehend begegnet man die B-Achsen-Ebene aus W 25 S (bei der Hütte im Gneis) über W 10 S nach W verschwenkt, gleichviel ob man ohne oder mit Horizontierung betrachtet. Hier findet sich also im Gneis vorkristallin genau dasselbe B-Maximum in W 25 S („WSW“) wie allenthalben parakristallin im Albitphyllonit; und am Aufstieg zur Geraer-Hütte auch die Achse WNW (N 60 W) wie parakristallin am Tauerngneis vom Lanser-Moor. Wenn man vom Brenner kommt zum erstenmal beim Steinernen Lamm (nördlich Geraer-Hütte) fallen B (W) und  $\beta$  (NW) deutlich ganz

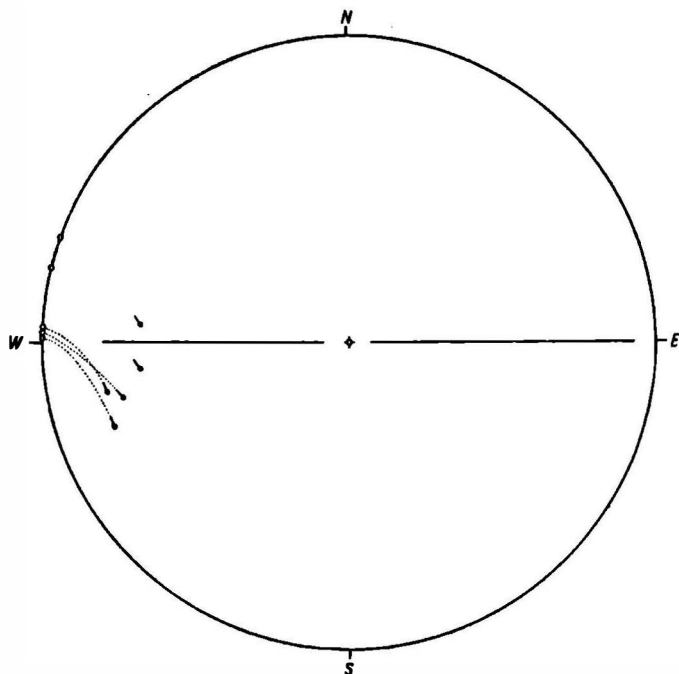


Abb. 57.

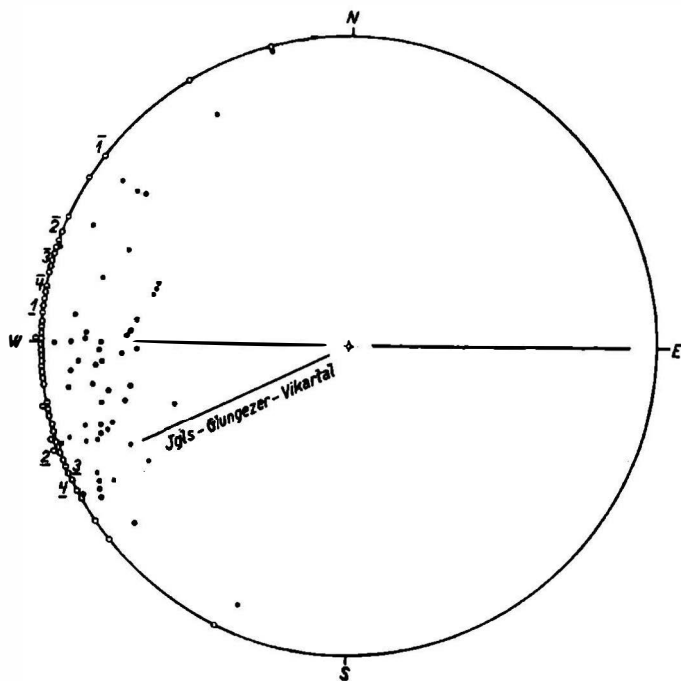


Abb. 58.

auseinander. Das sehr unruhige s-Gefüge (starke Streuung von  $\beta$ ) hat mit B nichts zu tun. B ist auf den NW bis N fallenden Mantel etwa in W—E aufgeprägt. Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir anschließend am Kleinen Kaserer: B in WSW,  $\beta$ , ganz abweichend davon steil gegen N fallend entsprechend dem s-Mantel der Kasererkuppel (B etwa  $\perp$   $\beta$ !).

Bei der Berliner Hütte ergibt sich die syntektonische Anlage des Linear- und des Flächengefüges, B und s, daraus, daß B und  $\beta$  etwas nach WSW fallen. Sie fallen aber nicht zusammen, sondern der Schwerpunkt der B-Häufungen fällt steiler und etwas gegen W zu verschoben im Vergleich zu  $\beta$ . Durch Horizontierung (Rotation um  $\beta$ ) geht dieser Schwerpunkt der B genau in den Punkt W über. Ebenso durch Einzelrotation jeder B-tragenden s Ebene in die Horizontalebene (Abb. 60). Es ist also wahrscheinlich, daß horizontale W—E-Achsen auf flacherem s bei Einklemmung dieses letzteren in die WSW—ENE Synklinalität des Greinerzuges auf dem steilgestellten s das WSW fallende B-Maximum ergaben. Wie das auch der Deutung der Interferenz von W—E und WSW—ENE Streichen vom Nordrand der Gneise bei Lanersbach entspricht. Sowohl bei der Berliner Hütte im unmittelbaren Hangenden der Zillertaler Gneise als an der Langen Wand im unmittelbaren Hangenden der Tuxer Gneise finden wir ein WSW Maximum der B-Achsen, das bei Horizontierung zu einem schärferen Maximum in W wird, also wahrscheinlich als solches auf söhligem s angelegt war. Das würde entsprechen einem ersten Stadium mit flachem s und mit W—E Achsen, das eben durch meridionale Einengung an die WSW streichenden Gneiskörper angedrängt wird und dabei die steiler und WSW fallende Achse auf steilerem s an Stelle der flacheren W—NW Achsen auf flacherem s erhält; wovon man sich leicht auch im geometrischen Experiment überzeugen kann.

Heben wir in Übersicht die deutlichen Fälle von Konzentration eines B-Achsenmaximums (1) und von Streuung bis Auflösung eines B-Achsenmaximums (2) bei konstruktiver Horizontierung der B hervor. Es ergibt sich dann im ersten Falle Anlage der B auf söhligem weniger steilgestelltem oder horizontalem s und nachträgliche Steilerstellung des B mit oder ohne Verlegung des Achsenstreichens durch Steilerstellung der achsentragenden s in folgenden Fällen:

An den Phylliten der Lizum wurde ein söhliges WSW-Maximum geprägt und dann an W angenähert. Ebenso ist in den Tuxer Phylliten und Grauwacken ein WSW Maximum auf söhligere s geprägt. An der Langen Wand dagegen ist ein W Maximum auf söhligere s bei Anpassung an die Gneiskontur (WSW) in ein gestreutes WSW Maximum übergegangen. Ganz dasselbe ergibt sich für die Greinerzunge (Saurüssel bei der Berliner-Hütte).

Wir haben also in größerer Entfernung vom Gneis zuerst die Wirkung einer B in WSW prägenden SSE—NNW Einspannung (Lizum, Tuxertal). Dann stellt eine N-S Einspannung unter Steilerstellung von s die in WSW geprägten B in W—E ein und prägt auch neue scharfe B Maxima in W auf s aller Lagen (Hinterschmirn). An der WSW laufenden Gneiskontur der Tuxer und der Zillertaler Tauerngneise aber erfolgt (Lange Wand, Saurüssel) die Einstellung von W—E Achsen in die WSW Ebene durch anschmiegende Einengung an der Gneiskontur. Ebenso an die Gneiskontur geschmiegt und hierbei mit dem tragenden s steiler gestellt

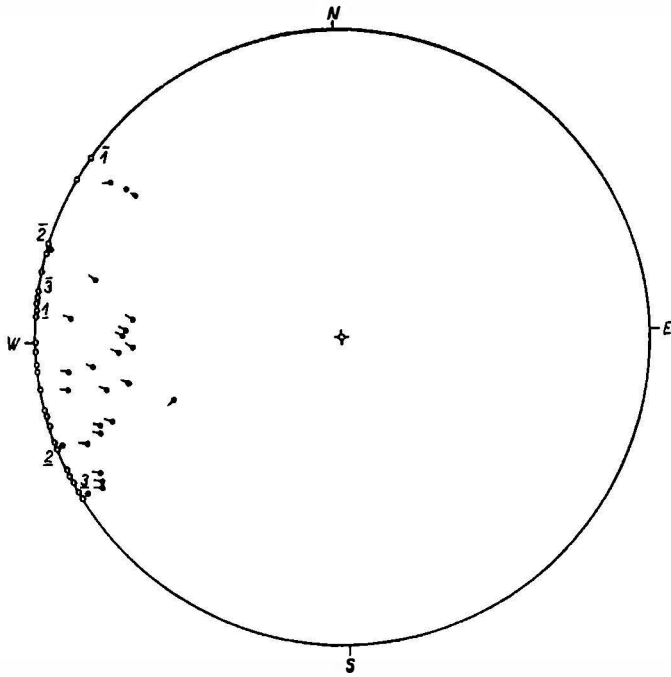


Abb. 59.

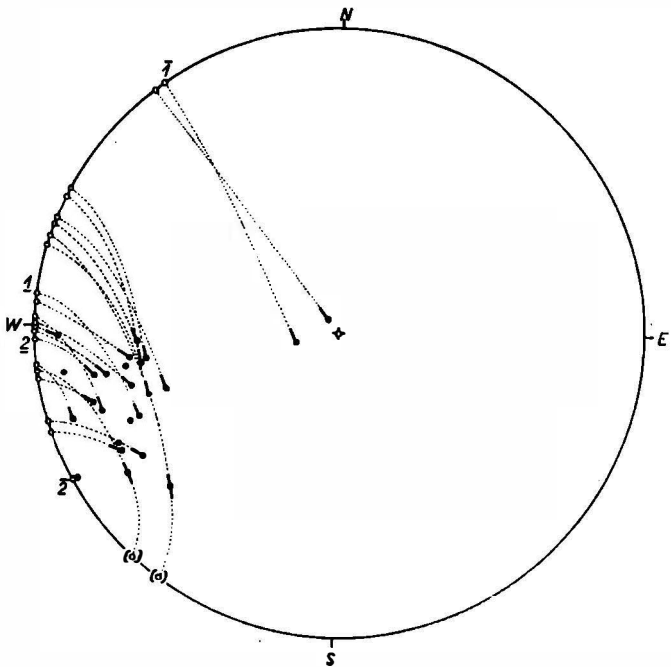


Abb. 60



sind die W N W B-Achsen des Sillesköpfls. Es ergibt sich also die Abfolge: 1. WSW teils ursprünglich angelegt, teils (östlich) sekundär aus WE in WSW gedreht und an die Gneiskontur geschmiegt (Lange Wand; Berliner-Hütte). 2. WE teils ursprünglich angelegt, teils aus WSW in WE gedreht (Lizum).

Das Schema Abb. 3 in SANDER 1940 ist also dahin zu ergänzen, daß die dort mit „3“ (WSW) und mit „(4)“ (WE) bezeichneten Achsen örtlich auch aus anderen Richtungen hereingedrehte Achsen (s. o.) enthalten.

Wie in Hinterschmirn, wo ein scharfes W Maximum erst auf steilem s entstand, so sind bei der Landshuter-Hütte W und WSW nicht auf söhligeren, sondern auf schon aufgerichteten s entstanden. Wir befinden uns dort am Brenner in einem Gebiete besonders deutlich syntektonischer Faltung von s (Plissierung des Tauernmantels mit Faltenachsen in W—E; Faltenausmaße von Metern bis Meterzehnern) und B in der Achse und auf den Schenkeln dieser Falten, welche als plissierter Mantel das Tauernwestende umgeben. Ebenso sicher wie die Entstehung dieses Plissees durch Einengung bei allmählicher Steilerstellung der W fallenden Achsen (Korngefüge!) ist der Umstand, daß diese Einengung am Brenner selbst nicht zur Verdickung des Mantels führte. Die Dünne dieses plissierten Schieferhüllenmantels am Brennerpaß wie er unter das Ötz-Stubai-Kristallin taucht verstehe ich heute so, daß die nördlich und südlich von diesem Punkt vorhandene gewaltige Anschoppung des Plissees am Brenner zwischen der bereits lastenden Ötz-Stubai-Masse und den Tauerngneisen verhindert war. Da für mich schon seit 1916 diese Schlüsselstelle der „Tauernhülle-Verdünnung“ am eigentlichen Brennerpaß nicht mehr begehbar wurde, sei hier auf den Wert einer feintektonischen Untersuchung dieser Stelle im Anschluß an die vorliegende Arbeit wenigstens hingewiesen, welche ja auch südlich vom Brenner durchaus mehr zu gemeinsamer Arbeit anregend als abschließend gedacht ist.

### Zeichenerklärung zu den Diagrammen

(SCHMIDT'sches Netz, untere Halbkugel Innenseite)

Kreuzchen =  $\beta$  = Schnittgerade zwischen Flächen (s) und Häufungen von  $\beta$  ( $\beta$ -Pole).

Großkreise vollausgezogen = Schnitt von s mit der Lagenkugel.

Kreis'chen vollausgezogen = Lote (Pole) zu s; diese liegen angenähert auf:

Großkreise gebrochen-ausgezogen =  $\pi$ -Kreise; deren Pole sind

Kreis'chen gebrochen-ausgezogen =  $\pi$ -Pole (geometrisch =  $\beta$ ).

Schwarze Punkte = B-Achsen.

Schwarze Punkte mit Geraden und Pfeilen  $\perp$  zu dieser = B-Achsen mit ablesbarer Relativbewegung.

Punktlinien von B-Punkten an die Peripherie des Zeichenkreises und leere Kreisechen auf diesem bezeichnen Bahn und Endlage für das betreffende B bei Rotation des B-tragenden s um sein Streichen in die Horizontalebene.

Zwei B mit derselben Ziffer bezeichnet liegen auf demselben s und sind einander gegenüber als älter (Ziffer unter Strich) oder jünger (Ziffer über Strich) bestimmbar.

Radiale kurze Striche an der Peripherie des Zeichenkreises: Innerhalb des Kreises s-Streichen; außerhalb des Kreises s-Fallen.

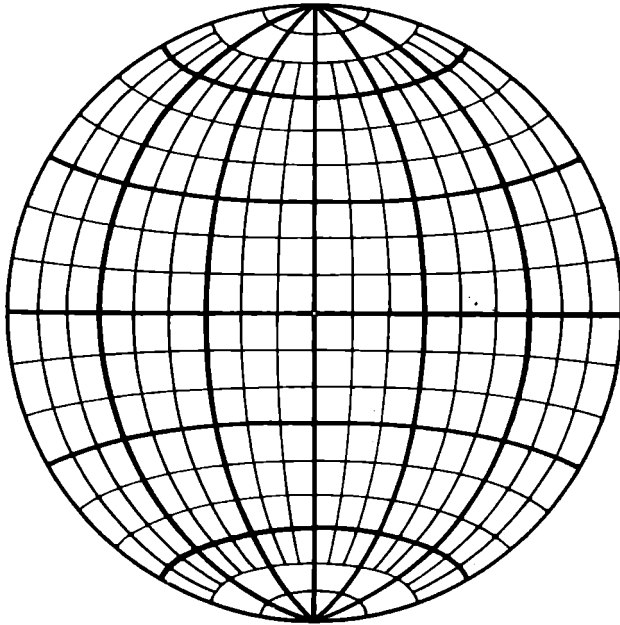


Abb. 61.

### Übersicht der Diagramme, Abb. 17—61

- Abb. 17. Quarzphyllit und Gneis des Iglar Plateaus.  
 „ 18. Kristallin der Kuppe des Patscherkofels.  
 „ 19. Patscherkofel—Glungezer.  
 „ 20. Aller Quarzphyllit des Tarntaler Gebietes.  
 „ 21. Quarzphyllit Brenner, Sattelberg, Gries, Padaunerberg, Felperbach.  
 „ 22. Kalkphyllit Gries bis Steinach.  
 „ 23. Kalkphyllit.  
 „ 24. Kalkphyllit Hinter-Schnurn.  
 „ 25. Phyllite Tuxertal.  
 „ 26. Phyllite Tuxertal.  
 „ 27. Phyllite or. linke Seite der Lizum ( $\beta$  nur aus Teildiagrammen gesammelt).  
 „ 28. Kalkige Phyllite.  
 „ 29. Phyllite or. rechte Seite der Lizum (Torjoch—Hippoldkamm).  
 „ 30. Kalkphyllit der Geierspitzrinne (Lizum).  
 „ 31. Schiefer mit Natron-Hornblende (Reckner—Geierspitze).  
 „ 32. Phyllite Torjoch—Eiskarlspitze.  
 „ 33. Jura-Quarzphyllonite unter dem Reckner-Serpentin (Oberes Tarnal, Staffelsee, Reckner-Westgrat).  
 „ 34. Quarzphyllit Klamm Spitze (Lizum).  
 „ 35. Alle Grauwacken Zirbnach und Hippoldkamm (Lizum, or. rechts).  
 „ 36. Quarzphyllonit unter Tarntaler Scharte.  
 „ 37. Grauwacken Junsjoch.  
 „ 38. Kalkphyllit und Quarzit Mieskopf.  
 „ 39. Untere Schieferhülle, Zirag—Brenner—Griesberg—Venna—Landshuterhütte.  
 „ 40. Untere Schieferhülle, Zirag—Brenner—Flatschspitze.  
 „ 41. Untere Schieferhülle und Gneise Venna—Landshuterhütte.  
 „ 42. Untere Schieferhülle, Sillesköpfl und Sillesschartl.  
 „ 43. Innervals—Geraerhütte.

- Abb. 44. Untere Schieferhülle, Geraerhütte—Steinernes Lamm--Höllwand.  
 „ 45. Untere Schieferhülle, Berliner Hütte.  
 „ 46. Schneeberger Zug, Vallming Alm—Flanerspizze.  
 „ 47. Schneeberger Zug, Kristallines Liegendes der Trias von Vallming.  
 „ 48. Ried bei Gossensaß (Colle Isarco) bis Kematen im Pfitschtal (Val di Fizze).  
 „ 49. Albitschiefer, Äußeres Pfitschtal (Val di Fizze).  
 „ 50. Südlich Sterzing (Vipiteno).  
 „ 51. Mauls (Mules).  
 „ 52. Brixener Quarzphyllit Vahrn (Varna), Schalderertal, Spielluck, Schrüttensee.  
 „ 53. Brixener Quarzphyllit, Brixen—Lüsen.  
 „ 54. Brixener Quarzit, Afers bei Brixen (Bressanone).  
 „ 55. Horizontierung der B-Achsen.  
 „ 56. Phyllite der Lizum.  
 „ 57. Untere Schieferhülle, Lange Wand Tuxertal.  
 „ 58. Untere Schieferhülle, Landshuter Hütte—Silles—Sachsalm.  
 „ 59. Untere Schieferhülle, Sillesköpfl—Sachsalm—Huttnerberg.  
 „ 60. Untere Schieferhülle, Berliner Hütte.  
 „ 61. Schmidt'sches Netz.

### Belege aus dem Schrifttum

- BLAAS, J.: Über eine neue Methode zur Bezeichnung und Darstellung geologischer Ebenen. — Z. prakt. Geol. **14**; Berlin 1896.  
 — : Der Klinokompaß. — Jb. geol. Reichsanst. 1904.  
 FUCHS, F.: Untersuchungen am tektonischen Gefüge der Tiroler Zentralalpen (Berge westlich des Brenner) I. — Jb. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenf. **89**, S. 233; Wien 1939.  
 INGERSON, EARL: Fabric analysis of a coarsely crystalline polymetamorphic Tectonite. — J. Sci. **31**, 1936, S. 161.  
 RÜGER, L.: Einige Bemerkungen zur Darstellung tektonischer Elemente. — Sber. Heidelb. Ak. Math.-nat. Kl. 1928, S. 1.  
 SANDER, B.: Geologische Beschreibung des Brixner Granits. — Jb. geol. Reichsanst. **56**, S. 707; Wien 1906.  
 — : Abbildung der bei geologischen Experimenten auftretenden Kräfte und Verschiebungen im Material. — Verh. geol. Reichsanst. **1909**, S. 357; Wien 1909.  
 — : Über Zusammenhänge zwischen Teilbewegung und Gefüge in Gesteinen. — TSCHERMAK's min.-petr. Mitt. 1911 (a), S. 281.  
 — : Geologische Studien am Westende d. Hohen Tauern. I. Bericht. — Denkschr. Akad. Wiss. math.-nat. Kl. **82**, S. 1; Wien 1911 (b).  
 — : Über einige Gesteinsgruppen des Tauernwestendes. — Jb. geol. Reichsanst. **62**, S. 219 (Sachverzeichnis); Wien 1912.  
 — : Beiträge aus den Zentralalpen zur Deutung der Gesteinsgefüge. — Jb. geol. Reichsanst. **64**, S. 567 (633!); Wien 1914.  
 — : Über SCHMIDT's Mechan. Probleme d. Gebirgsbildung. — Verh. geol. Reichsanst. 1916, S. 49; Wien 1916.  
 — : Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern, II. Bericht. — Jb. Geol. Staatsanst. **70**, S. 273; Wien 1920.  
 — : Zur Geologie der Zentralalpen. — Jb. geol. Staatsanst. **71**, S. 173; Wien 1921.  
 — : Zur petrographisch-tektonischen Analyse I. — Jb. geol. Bundesanst. **73**, S. 183 (Sachverzeichnis!); Wien 1923.  
 — : Zur petrographisch-tektonischen Analyse III. — Jb. geol. Bundesanst. **76**, S. 323 (328!); Wien 1926.  
 — : Über einige Glimmergefüge. — Notizbl. Ver. Erdk. Hess. geol. Landesanst. 1927, S. 180.  
 — u. FÄLKEL: Zur tektonischen Analyse von Schmelztektoniten. — Sber. Heidelberg. Ak. 1929, S. 1 (Abb. 18).  
 — : Gefügekunde der Gesteine. — J. Springer, Wien 1930.  
 — : Typisierung von deformierten Tonschiefern mit opt. und röntgenopt. Mitteln. — Z. Kristallogr. (A) **89**, S. 97; Berlin 1934 (a).  
 — : Fortschritte der Gefügekunde der Gesteine. — Fortschr. d. Min., Krist. und Petr., S. 111; Berlin 1934 (b).

- : Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge. — Min. petr. Mitt. **48**, S. 27—139; 141—209; Berlin 1936 (a).
  - : Über Striemung, Transport und Gefüge. — Geol. Rundschau 1936 (b), S. 298, S. 304.
  - : Untersuchungen am tektonischen Gefüge des Tauernwestendes. — Z. deutsch. geol. Ges. 1939 (a), S. 326.
  - : Gefügekunde und ihre Anwendungen. — Z. f. angewandte Min. 1939 (b), S. 285.
  - : Neuere Arbeiten am Tauernwestende aus dem Min. Petr. Inst. d. Univ. Innsbruck. — Mitt. Reichsst. Bodenf. Zweigst. Wien **1**, S. 121; Wien 1940.
- SCHMIDEGG, O. v.: Steilachsige Tektonik und Schlingenbau auf der Südseite der der Tiroler Zentralalpen. — Jb. geol. Bundesanst. **86**, S. 115; Wien 1936.
- : Der Triaszug von Kalkstein im Schlingengebiet der Villgrater Berge. — Jb. geol. Bundesanst. **87**, S. 111; Wien 1937.

Geologische Karten außer den obigen Publikationen beiliegenden:

- SANDER, B.: Carta geologica delle Tre Venezie 1:100.000 „Bressanone“; 1925.
- SANDER, B. u. HAMMER W.: Carta geologica delle Tre Venezie 1:100.000 „Merano“; 1926.
- Hiezu: Note illustrative, Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle Acque Sez. Geol. Padova 1925 u. 1926 (italienisch) und
- SANDER, B.: Erläuterungen zur geol. Karte Meran—Brixen, Schlernschriften 16, Innsbruck 1929.

### Sachverzeichnis

- |   |  |
|---|--|
| <p>Achsenstreichen 9, 35<br/>                 Auswalzung durch Scherung 32<br/>                 B-Achse 10; Schein-B 7, 9—11<br/>                 B-Streichen 9<br/>                 B und <math>\beta</math> syntektonisch 7<br/> <math>\beta</math> 6, 7<br/> <math>\beta</math>-Streichen 9<br/>                 Bewegung <math>\perp</math> B und // B 15, 42<br/>                 Biegescherfalte 19<br/>                 Drehung der B-Achsen 14<br/>                 Einschlußwirbel (SCHMIDT) 18, 34<br/>                 Entwicklung durch Scherung 28 ff.<br/>                 Fiederspalten 21 ff.<br/>                 Geometrisches Experiment 28 ff., 36, 37<br/>                 Gezwungene und ungezwungene Tektonik 15, 16, 18, 19, 26 ff.<br/>                 Gleichstreichende B auf tautozonalen Flächen 82—84<br/>                 Gleitbreitfalte (SCHMIDT) 18, 20, 23 ff.<br/>                 Handstückoleate 4<br/>                 Homogenbereich 8, 9<br/>                 Horizontierung von B 80 ff.<br/>                 Knick im Streichen 42, 43<br/>                 Krümmung und Entkrümmung 28—34<br/>                 Mehrscharige Zergleitung 24<br/>                 Mehrscharige Scherfaltung 27, 28, 33, 34<br/>                 Mehrsinnige Relativbewegung in s 25, 26<br/>                 Monisokline Umfaltung 17<br/>                 Nudel 33—35<br/>                 Persistenz einer Häufung 6<br/>                 Plättung 24</p> | <p>Polytrope und monotrope Falten 16<br/>                 Pressungsgerade 27<br/> <math>\pi</math> 6, 7<br/> <math>\psi</math> <math>\times</math> 36<br/>                 Relatives Alter verschiedener B 13<br/>                 Relativsinn der Teilbewegung <math>\perp</math> B 15 ff.<br/>                 Relikte Prägungen 10<br/>                 S und Spiegel-S 17, 18, 20, 23<br/>                 Sammeldiagramm 6—8<br/>                 Schoppfalte 18—20<br/>                 Stoffkonkordantes (stoffliches) B und s 12<br/>                 Stofftektonik 12<br/>                 Streichen 9<br/>                 Symmetrologische Betrachtung 4<br/>                 Syntektonisches <math>\beta</math> und B 7—9<br/>                 Syntorsionale B 38, 39<br/>                 Tautozonalität des Flächengefüges (<math>\beta</math> als Maß für diese) 7, 9<br/>                 Torsionsachse 38, 39<br/>                 Triklone Tektonite 11, 12, 40<br/>                 Umfaltung 17, 26<br/>                 Ungleichzeitige B-Achsen 12—14<br/>                 Unzufällige Anordnungen 10<br/>                 Unzufällige Häufungen 6<br/>                 Verdünnung der Tauernhülle am Brenner 90<br/>                 Zeitbegriff 12, 13, 72<br/>                 Zwischenfalte 18, 23, 24<br/> <math>\zeta</math> <math>\times</math> 4, 5, 35<br/> <math>\zeta</math> und <math>\psi</math>, Zusammenhang 37, 38</p> |
|---|--|

## Inhalt

<b>Einleitung</b>	3
<b>Begriff und Ausgestaltung der B-Achsen</b>	10
<b>Bestimmung des Relativsinnes der Teilbewegungen <math>\perp</math> B</b>	15
<b>Typen homogener und inhomogener Bewegungsbilder in S-B-Gefügen</b>	35
<b>Mitteltirolische Achsialgefüge</b>	43
1. Nördlich des Brennerpasses	43
Quarzphyllite	43
Kalkphyllite	49
Phyllite des Tuxertales	53
Gebiet des Tarntaler Mesozoikums und dessen Unterlagen	55
Untere Schieferhülle	60
2. Südlich des Brennerpasses	70
Roßkopf—Vallming	70
Eisacktal (Ried)—Archer—Kematen (Pfitschtal, Valle Fizze)	74
Südliches Sterzinger Becken (Vipiteno)	76
Quarzphyllite und -phyllonite im Brixener Becken (Bressanone)	78
3. Ergebnisse der konstruktiven Rotation von B-tragenden s-Flächen in die Horizontalebene („Horizontierung“)	80
<b>Zeichenerklärung zu den Diagrammen</b>	90
<b>Übersicht der Diagramme, Abb. 17—61</b>	91
<b>Belege aus dem Schrifttum</b>	92
<b>Sachverzeichnis</b>	93