

Das tektonische Gefüge von Kher bei Rein.

(Beiträge zur Kenntnis des Grazer Paläozoikums I.)

Mit 2 Karten, 2 Profilen und 9 Diagrammen.

Von H. Flügel (Universität Graz).

Gedruckt mit Unterstützung
des Notringes der wissenschaftlichen Verbände Österreichs.

Vorliegende Arbeit entstand im Zuge der Neubearbeitung des Grazer Paläozoikums in den Sommermonaten 1948 und 1949. Zuzufolge Druckschwierigkeiten gelangt die Arbeit erst jetzt zur Veröffentlichung. Die inzwischen durchgeführten Studien zwingen zu einer kritischen Auseinandersetzung mit diesen und zur Einfügung des besprochenen Raumes in den Gesamtbau des Paläozoikums von Graz.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, allen denen meinen Dank auszudrücken, die durch ihre Unterstützung diese Studie ermöglichten.

Dem Notring der wissenschaftlichen Verbände Österreichs danke ich für die Subventionierung der Drucklegung.

Stratigraphischer Überblick.

In einem rund 750 m breiten Gesteinsstreifen tritt zwischen der Gemeinde Kher bei Rein (westlich von Gratwein) und Stiwoll die Unterlage des Pleschdevon zutage. Sie besteht aus einer Serie ordovicischer Tonschiefer, Sandsteine, Grünschiefer (bzw. Diabasen) und Kalken sowie aus gotlandischen Schichtgliedern. Längs der neuen Straße von Rein auf den Plesch ist diese Folge in für das Grazer Paläozoikum einmaligen Weise erschlossen.

Die tiefsten Lagen nehmen südwestlich von Kher Grünschiefer, die z. T. als Fleckengrünschiefer entwickelt sind, ein. Teilweise zeigen diese Flecken auf den s-Flächen (sedimentäres s) eine merkbare Parallelanordnung. Zusammen mit diesen Schiefen kommen Kiesel-schiefer, graphitische Schiefer und phyllonitische, graue, kalkige Tonschiefer vor. Sie zeigen stellenweise starke Verfaltung, stellenweise tritt Harnischbildung auf. R. KNEBEL (1938) beschrieb aus diesen Schichten Graptolithen der Zonen 3—5. Die Grünschiefer wurden von ihm als ehemalige Diabastuffe aufgefaßt. Dies trifft nur für einen Teil zu. Ein anderer ist sedimentärer Herkunft. U. d. M. zeigt er Quarz, Kalzit, in s angeordneten Chlorit sowie tonige Substanz bzw. Limonit, der

aus der Zersetzung vereinzelt auftretender Pyrite her stammt und den Schliffen ein verschmiertes Aussehen gibt. Diese Serie dürfte im Liegenden zu der tiefordovicischen bis kambrischen Graphit-Kalkschieferserie der Peggauer Bohrungen überleiten (Flügel, 1953 b).

Über der Grünschieferserie folgen mürbe bis harte gelbe Sandsteine, sandige Tonschiefer in den verschiedensten Farben und kalkige, grünliche Schiefer. Alle Gesteine zeigen starke Eisenschüssigkeit. Einschaltungen von Grünschieferbändern und -linsen dürften nur z. T. tektonisch zu deuten sein. Das Alter dieser Serie ist, wie die Fossilfunde (HABERFELLNER, 1930; HERITSCH, 1930) zeigen, Caradoc. An einigen Stellen treten in den Hangendanteilen dieser Folge niveau-unbeständige graubraune Tonflaserkalke auf. In Analogie mit der Uggwafazies der mediterranen Ordovicentwicklung der Karnischen Alpen vermute ich in diesen Kalken Ashgill. Fossilien konnten bis auf Krinoiden und unbestimmbare Bryozoenreste (Treptostomen?) keine gefunden werden. Diese Kalke werden z. T. bis über 50 m mächtig, wobei sich ihre starken Mächtigkeitsschwankungen nur teilweise tektonisch erklären lassen. Sie stellen linsenartige Körper innerhalb des höheren Ordoviciums dar.

Über dem Ordovicium folgt ein aus dunkelblauen Kalken, grauen, dünngeschiefertem Kalkschiefer, rötlich geflammten Kalken, braunen bis hellgrauen Kalken und mürben, grauschwarzen Tonschiefern bestehender Zug. HERITSCH (1934) beschrieb aus diesen Schichten nördlich des Aufnahmegebietes einen Panzerganoid. Er verglich diese Serie mit dem böhmischen e-gamma. Im Vergleich mit den Karnischen Alpen handelt es sich um ef (HERITSCH, 1943). Ein Teil (die rötlichen Kalke?) dürften vielleicht dem e-beta zuzurechnen sein (KNEBEL, 1939). Das Vorhandensein einer Sedimentationslücke zwischen Ordovicium und Gotlandium als Abbild der tektonischen Phase erscheint wahrscheinlich (FLÜGEL, 1948; 1952 a; 1953 b; SCHOUPPE, 1952).

Den Übergang zum Devon bilden, wie das obengenannte Straßenprofil zeigt, sandig-tonige Schiefer bis schiefrige Sandsteine. Sie gehen in der Literatur unter dem Begriff „Bythotrophisschiefer“. Die sicher dem Gotlandium angehörigen grauschwarzen, mürben Tonschiefer, die immer wieder in dieser Serie in Verbindung mit dunklen Kalken auftreten, erinnern an die Oberkarbonschiefer der Dult (Rannach). Eine Trennung von diesen erscheint im Handstück kaum durchführbar.

Im Hangenden des ef bzw. der Bythotrophisschiefer finden sich Sandsteine sowie helle und dunkle Dolomite. Sie gehören dem Unterdevon an. Eine Gliederung, wie sie von KUNTSCHNIG (1937) im Plabutsch durchgeführt werden konnte, ist nur in einigen Profilen mög-

lich. Im allgemeinen läßt sich jedoch sagen, daß über den liegenden Dolomitsandsteinen gebankte helle Dolomite folgen, die von dunkelblaugrauen, zerhackten Dolomiten überlagert werden. Diabastuffe konnten in diesem Bereich keine beobachtet werden.

Im Gebiet des Plesch treten über den Dolomiten bzw. z. T. mit ihnen wechsellagernd blaue Kalke auf. Sie gehören, wie Faunenfunde zeigen, dem Korallenkalk (oberes Unterdevon) an. (Die Faunen werden im Zuge einer geplanten Faunenrevision im Anschluß an die von Doz. Dr. SCHOUPPE durchgeführte Artenrevision ihre Darstellung finden.)

Im Gebiet des Rautnerkogels nördlich Stiwooll liegen im Hangenden unterdevonischer Dolomite plattige, fast schwarze Kalke. Ich möchte zumindest ihre Hangendanteile dem Pentameruskalk (unteres Mitteldevon) zurechnen. Dunkle bis helle, blaue gebankte Kalke finden sich am Südfuß des Steinkellnerkogels. Die Faunen stufen sie in die Pentamerusbank ein.

Im Bereich des Rautnerkogels dürften die hellen, körnigen blauen Kalke dem oberen Mitteldevon angehören. Sie finden sich im Hangenden der obengenannten Kalke und führen stellenweise Hornsteinknollen, die bis Faustgröße erreichen können und in s angeordnet liegen.

Mürbe schwarze Tonschiefer der Eichkogelunterlage am östlichen Aufnahmsrand gehören ebenso wie die mit ihnen auftretenden schwarzen Kalke dem Oberkarbon an (HERITSCH, 1930). Ob es sich bei den als Erosionsrelikten oder Schuppen über bzw. zwischen ordovicischen Tonschiefern des westlichen Raumes liegenden dunklen Schiefen um Karbon handelt, konnte nicht klar entschieden werden. Südlich Kher treten als Rollstücke über den ordovicischen Gesteinen Lyditbreccien auf. Die in einem limonitisch-kalkigen Bindemittel eingeschlossenen Lyditgerölle zeigen starke Verfaltung. Sie gehören vielleicht ebenfalls dem Karbon an.

Der tektonische Bau. (Abb. 1.)

Im Raume des Kherergrabens westlich Rein bilden Kalkschiefer des ef und Unterdevondolomite eine flach gegen Norden einsinkende Antiklinale. Ihr ordovicischer Kern kommt in der Mulde westlich des Schloßwastelgrabens zum Vorschein. Infolge NW streichender Brüche sind hier die Verhältnisse etwas gestört. An ihnen kam es zu einer Versetzung der einzelnen Zwischenschollen gegen SO bzw. zu einem Absinken der Blöcke. Eine dieser Störungen zerreißt die Antiklinale völlig. An der Umbiegung des Kherergrabens gegen Süden ist sie durch starke Verfaltung und Aufschleppung der Schichten gekennzeichnet. An ihr ist der südliche Anteil der Antiklinale gegen SO versetzt. Die noch

erhaltenen Reste des zerscherten ordovicischen Kerns werden im Raume der Eichkogelscholle (FLÜGEL, 1950) von dieser längs einer steil O fallenden Aufschiebungsfläche abgeschnitten.

Diese gegen SO gedrückte Antiklinale wird im Bereich des Steinkellnerkogels von einer gegen Süden überkippten Großfalte abgelöst. Ihr Liegendschenkel kommt südlich des Genovevakrauzes unter der Eichkogelscholle zum Vorschein. Ihre Achse streicht SSW—NNO (weiter westlich SW—NO). Diese Falte wird durch eine Anzahl steil-stehender SO bzw. NO streichender Brüche zerschnitten, die z. T. den

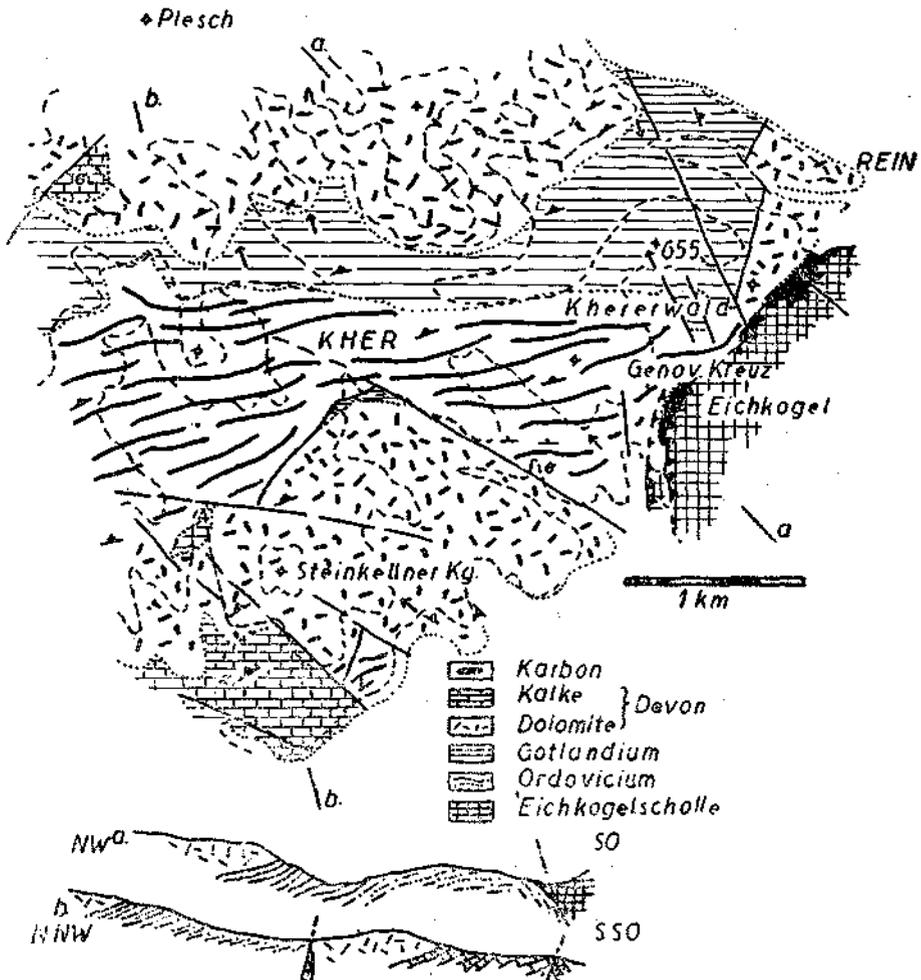


Abb. 1.

Geologische Übersichtskarte des Raumes um Kher mit 2 Profilen.

Steinkellnerkogel im Norden begrenzen und sich stellenweise durch starke Verquarzung auszeichnen.

An der Grenze des Ordoviciums gegen dieses südliche Devon trifft man in den orographisch tiefen Anteilen aufgeschlossen auch steilstehende Faltenachsen auf steilstehendem s.

Über den verschiedensten Baugliedern dieser Falte liegt im östlichen Abschnitt transgressiv das Oberkarbon der Eichkogelunterlage.

Während im östlichen Anteil noch ruhige Lagerung herrscht, finden wir westlich von Kher eine relativ starke Verschuppung der einzelnen Bauglieder. So beobachtet man südlich des Gehöftes Mörtenhansel in der gegen NW einfallenden Ordovicfolge Kalkschiefer, mit steilen Achsen eingeschuppt. Innerhalb der eigentlichen Kalkschieferentwicklung (ef) treten linsenförmig mittelsteil gegen NW einfallende grauschwarze Tonschiefer beim Gehöft Rautner auf. Möglicherweise handelt es sich hierbei um eingeschupptes Karbon. Die die Kalkschiefer überlagernden Dolomitsandsteine des Plesch springen bei annähernd gleicher Lagerung teilweise weit gegen Süden vor und erreichen, wie beim Blasbauer, fast das Ordovicium. Nicht immer ist dies durch Brüche oder die Geländeform erklärbar. Im Gebiet des Khererwaldes scheinen die Kalkschiefer des ef — im großen gesehen — unter die Dolomite hineinzustreichen. Man gewinnt so die Vorstellung einer Bewegungsfläche zwischen der ordovicisch-gotlandischen Unterlage und dem Pleschdevon.

Zusammenfassend ergibt sich:

1. Das Gebiet von Kher wird von einer liegenden Falte mit NO bis NNO streichender Achse eingenommen, die teilweise transgressiv von Oberkarbon überlagert wird.
2. Diese Falte geht im Raume des Khererwaldes in eine N—S streichende Antiklinale über.
3. Die Grenze Gotlandium—Pleschdevon könnte von einer Bewegungsfläche gebildet werden.
4. Starke Bruchstörungen sowie im Osten die Aufschiebung der Eichkogelscholle verschleiern den voroberkarbonen Bau.

Das flächige und achsiale Gefüge.

Untersuchungsmethoden und Begriffe.

Von jedem günstig erscheinenden Einzelaufschluß bzw. von einem größeren Bereich, dessen Homogenität erkannt war, wurden eine möglichst große Zahl von Gefügedaten (s-Flächen, Faltenachsen, Lineare auf s, Fugen und Rupturen) vermessen. Die Zahl der eingemessenen Daten hing von der Erschlossenheit des Geländes ab (insgesamt gegen 1200 Messungen). Für die vermessenen Bereiche (sämtliche unter km-Bereich) wurden die Daten mit Hilfe der flächentreuen Projektion zur Darstellung gebracht. Verkleinerte und nach % aus-

gezählte Diagramme dieser Teilbereiche wurden in einer Karte 1:10.000 im Überblick gestellt. Dadurch ergab sich die Möglichkeit, größere Bereiche in ihrer Homogenität in Bezug auf die gewählten Daten zu erfassen. Da es sich zeigte, daß die Beta-Punkte der Teildiagramme um einen Großkreis liegen, der dem Durchschnittseinfallen des betrachteten Bereiches entsprach, wurden bei der Zusammenfassung zu synoptischen Diagrammen diese Großkreise verwendet. Die dadurch geschaffenen neuen Beta-Lagen wurden mit denen der Teildiagramme verglichen. Daneben wurde nach der Methode von Fuchs (1944) geprüft, ob stark besetztes Beta und mittel bis schwach besetztes unzufällig sind, und die erhaltenen Diagramme ebenfalls mit den synoptischen verglichen.

Zur Feststellung, ob Achsen- und Flächentektonik denselben Plänen angehört, wurden die B-Sammeldiagramme mit den Beta-Diagrammen verglichen.

Die verwendeten Begriffe sind wie folgt definiert (SANDER): s-Flächen sind sämtliche mechanisch ausgezeichnete Parallellflächen des Gefüges. Beschreibend abzutrennen hievon sind die Fugen. Sie werden bezogen auf die Gefügekoordinaten abc und sind durch hkl festgelegt. Genetisch wird unterschieden zwischen Reißfugen (ac-Fugen) und Scherfugen (h01) bzw. Reißfugen nach Scherfugen.

B-Achsen sind ausgezeichnete Richtungen des Gefüges normal der Verformungsebene (ac) und parallel der Gefügekoordinate b.

Beta-Achsen (β) finden ihren Ausdruck durch die Häufung der Schnittgeraden der s-Flächen im Diagramm. Sie drücken als solche den Grad der Tautozonalität der zum Schnitt gebrachten Ebenen aus.

Lineare auf s können sein parallel dem tektonischen Transport (a) oder normal zum tektonischen Transport (b = B), was beides zu überprüfen ist.

Als Koordinaten des Gefüges werden gewählt a parallel der Formungsebene (ac) des tektonischen Transportes normal b. Beide in s (= ab), c normal (ab).

Weitere Begriffe finden sich bei SANDER (1930, 1942, 1948, 1950) definiert.

Beschreibung des Gefüges.

Die Kalkschiefer im Norden des Khererwaldes und im Kherergraben.

Es wurden aus Einzelaufschlüssen im 10—20 m-Bereich 14 s-Flächenteildiagramme vermessen. Bei 12 ist das generelle Durchschnittseinfallen des sedimentären s (ss) 30° N40W, bei den restlichen NO. Die konstruktiv ermittelte Antiklinalachse fällt flach gegen Norden ein. Diese Achse besitzt innerhalb des zubilligbaren geringen Streubereiches, wie er durch Festigkeitsinhomogenität gegeben sein kann, zuordenbare B und Beta in den Teildiagrammen. (Syntektonische Prägung von B und Beta.)

Daneben finden sich in den Diagrammen des NW-Schenkels der Antiklinale B und Beta — beides gestreut — im NW-Quadranten. Ihre Unzufälligkeit ergab sich aus der Überprüfung nach der Methode von FUCHS (1944).

Bringt man die die Beta-Punkte der Teildiagramme verbindenden Großkreise (Durchschnittseinfällen von ss) des NW-Schenkels in einem synoptischen Diagramm zum Schnitt (Abb. 2 a), so ergibt sich neben geteiltem Hauptmaximum im NW ein weiteres in WSW. Letzteres besitzt weniger zuordenbare mittel bis schwach besetzte Beta ohne B, ersteres gestreute oder geteilte Beta und B in den Teildiagrammen kleinerer Bereiche.

Für den untersuchten km-Bereich ist zusammenfassend das Vorhandensein folgender B- und Beta-Lagen feststellbar:

WSW-Beta im synoptischen Diagramm (Abb. 2 a), N-Lage von B und Beta (Abb. 2 a—c) und geteiltes bzw. gestreutes NW-Maximum von B und Beta (Abb. 2 a—c) in den Teildiagrammen und im synoptischen Diagramm. Dazu kommt in letzterem noch Beta in NO, welches geometrisch bedingt und zufällig sein dürfte.

Die ordovicischen Gesteine von Kher.

Es wurden 20 Teilbereiche (10—150 m-Bereiche), größtenteils aus zusammenhängenden Aufschlüssen, untersucht.

Im synoptischen ss-Diagramm für den gesamten Bereich (Abb. 2 d) liegt Beta 1 in NNW, Beta 2 in NNO und ein stark gestreutes und geteiltes Beta 3 um W.

Die stark streuenden B zeigen mehrere Maxima (Abb. 2 e). B 1 fällt bei steiler Lagerung gegen NO, B 2 gegen N. Im geteilten B 3 kommt die steilachsige Verfaltung im Graben südöstlich von Kher zum Aus-

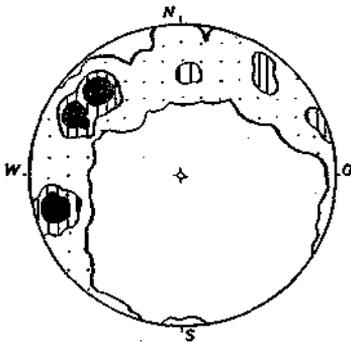


Abb. 2 a.

Synoptisches Diagramm über 11 Beta-Teilbereiche, erhalten durch die Vereinigung der Hauptflächenlagen von ss des Kalkschiefer-km-Bereiches.
% über 12,9—9, 3—0, 1—0.

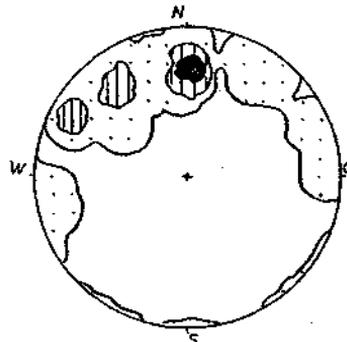


Abb. 2 b.

25 Schwerpunkte aller Beta (dicht bis schwach besetzt) des Kalkschiefer-km-Bereiches; % über 16—12—6—0.

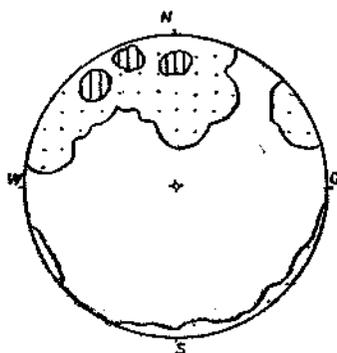


Abb. 2c.

Sämtliche (34) vermessenen B-Achsen
des Kalkschiefer-km-Bereiches;
‰ über 16—3—0.

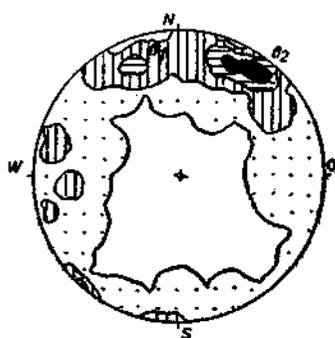


Abb. 2d.

Synoptisches Diagramm über 17 Beta-
Teilbereiche, erhalten durch die Ver-
einigung der Hauptflächenlagen von
ss des Ordovic-km-Bereiches;
‰ über 8—4—2—1—0.

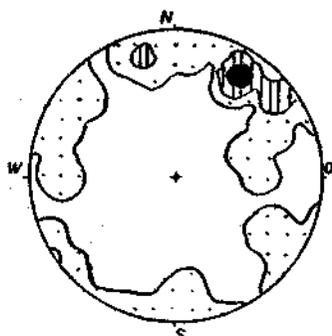


Abb. 2e.

26 Schwerpunkte aller Beta (dicht bis
schwach besetzt) des Ordovic-km-
Bereiches; ‰ über 20—12—4—0.

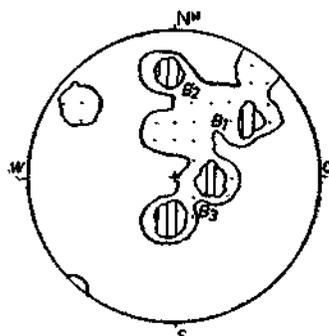


Abb. 2f.

Sämtliche (13) B-Achsen des Ordovic-
km-Bereiches; 15,2—7,6—0.

druck. Der Gesamtbereich wird dadurch in Bezug auf B inhomogen. Die geringe Meßzahl von B (13 Achsen) verbietet eine sichere Zuordnung zu Beta.

Die Schwerpunkte aller Beta, gewonnen aus den Teildiagrammen, haben ihr Hauptmaximum in NNO, ihr Nebenmaximum in NNW (Abb. 2f).

Das Korngelüge des Dolomitsandsteines.

Von den u. d. M. untersuchten Dolomitsandsteinen ließ nur ein Handstück eine Kornanalyse zu. Es stammt aus der westlichen Klosterkogelunterlage.

Das Gestein ist hellgrau bis gelblichbraun. Zahlreiche Fugen rufen den charakteristischen hackigen, geregelten Bruch (FLÜGEL, 1951 a)

hervor. Makroskopisch sind auf den s-Flächen keine bevorzugten Richtungen (Lineare) erkennbar.

Es wurden drei Schlitze ein und desselben Handstückes untersucht. Die Orientierung der Schlitze zum Handstück erfolgte derart, daß Schliff A normal ϵ und parallel der Einfallrichtung lag, Schliff B und C untereinander und auf A normal standen.

Die in einer feinstkörnigen, kornanalytisch nicht mehr untersuchbaren dolomitischen „Grundmasse“ (überprüft durch Lemberg'sche Färbung) liegenden Quarzverbundlinge zeigen in den untersuchten drei Schliffen Korngrößen von 0,03—0,3 mm (selten größer). Sie besitzen teilweise gelängte Korngestalt. Körner mit isometrischen Umrissen zeigen häufig den Achsenaustritt subnormal zur Schliffebene. Die Individuen löschen teilweise undulös aus und zeigen vereinzelt normal zur Undulationsstreifung feinste Lamellierung. Die das Gestein durchziehenden Fugen sind z. T. durch ein feinkörniges Quarzpflaster, z. T. durch Karbonat verheilt.

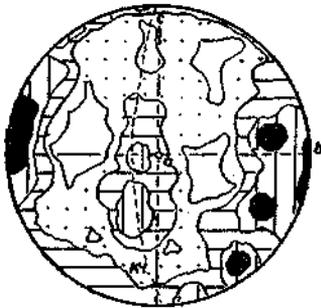


Abb. 3 a.

c-Achsendiagramm ohne Auswahl vermessener Quarze eines Dolomitsandsteines des Khererwaldes, durch Rotation aus Schliff A und B erhalten (vgl. Text). 350 Achsen. (Kl = Fugenlage.) % über 8—6—4—1—0.

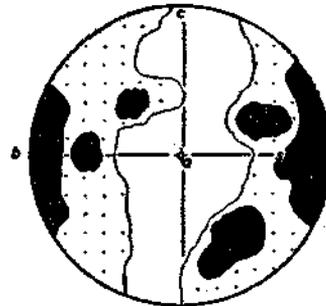


Abb. 3 b.

c-Achsendiagramm von Schliff A (normal ss). 100 Achsen gelängter Individuen. % über 11—2,2—0.

In Schliff A wurden 170, in B 180 und in C 171 Quarzachsen vermessen. Die Vermessung erfolgte teilweise ohne Auswahl, teilweise wurden zum Vergleich in Schliff A außer der regellosen Vermessung nur die gelängten Individuen vermessen.

Bei Rotation der ohne Auswahl vermessenen Diagramme um 90° gelangten sie \pm zur Deckung. Damit war die Homogenität der Regelung des betrachteten Dünnschliffbereiches erwiesen. Abb. 3 a zeigt das durch Rotation aus Diagramm A und B erhaltene Gefügebild. (Die Möglichkeit der Rotation war infolge annähernd gleicher Kornzahlen in den einzelnen Diagrammen gegeben.) Das Diagramm gleicht z. T.

D 67 SANDERS (1930) eines Kalksandsteines. Die Achsenmaxima liegen in einer einseitigen Kalotte um b des Gefüges. (Entspricht in vorliegendem Fall dem Schnitt der Einfallrichtung von ss mit der Lagenkugel und bei gegebenem Handstück B [Beta] im NW.) Neben diesem Hauptmaximum treten weitere starke Maxima unter etwa 40° zu b in Erscheinung.

Zur Überprüfung, ob diese beiden Maximaarten auf die Einregelung gelängter Individuen zurückgeführt werden können, wurden in einem c-Achsentendiagramm von Schliff A diese gesondert vermessen (100 Körner). Abb. 3 b zeigt das erhaltene Diagramm. Neben den bereits in Abb. 3 a aufscheinenden Maxima treten noch in der Gegenkalotte um b Maxima auf. Das Diagramm entspricht völlig D 67 und 68 SANDERS (1930).

Das vorliegende „Quarz in Dolomit“-Gefüge zeigt Regelung nach der Korngestalt infolge leichter Beweglichkeit der starren Quarze innerhalb des höherteilbeweglichen Gefügegenossen Dolomit (SANDER, 1930, p. 204 = TURNER, 1948, Typus 10 a). Die beiden Maximaarten könnten durch die häufigsten Längungsrichtungen von Quarzfragmenten erklärt werden. GRIGGS-BELL (1938), ANDERSON (1945), ROWLAND (1946) u. a. erklären die häufigste Längung beim Quarz als parallel dem Prisma und dem Einheitsrhomboeder. Durch die Prismenlängung könnte das Maximum um b erklärbar sein, durch die Rhomboederlängung ($m:r = 38^\circ 13'$) die um zirka 40° davon abweichenden Maxima. Demzufolge würden die Körner z. T. (Maximum in b) eine Beziehung der Korngestalt zur kristallographischen Richtung (c) aufweisen.*)

Die weiteren Untersuchungen an Dolomitsandsteinen zeigte, daß diese Regelung auch anderweitig auftritt (FLÜGEL, 1953 a).

Das Fugengefüge.

Es wurden im gesamten inhomogenen km-Bereich gegen 400 im Aufschluß- und Handstück sichtbare Fugen vermessen. Aus homogenen Teilbereichen von km-Größe des nördlichen und südlichen Devon wurden 250 Messungen hievon in einem Diagramm durch Eintragung ihrer Flächenpole zur Darstellung gebracht (Abb. 4).

*) Nach Abschluß vorliegender Studie erschienen die beiden Arbeiten von VOLLBRECHT (1953 a, 1953 b). Sie erklären die Maxima um a (parallel der Transportrichtung) in Abb. 3 a, durch sekundäre Einkippung primär in b geregelter Quarze. Die schwächere Ausprägung dieses Maximums im Vergleich zu den experimentell ermittelten Daten von VOLLBRECHT bringe ich mit dem geringer teilbeweglichen Einbettungsmedium (Dolomitpelit) im Vergleich zum Einbettungsmedium Weeser bei VOLLBRECHT in Verbindung.

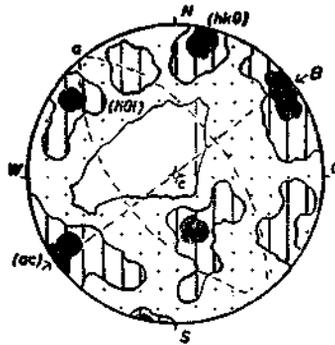


Abb. 4.

Poldiagramm von 250 Fugen des Devonbereiches. φ über 9—4,5—1—0.

Beschreibend, bezogen auf die Gefügeachse b (B) NO—SW, s = (ab), ergab sich eine eindeutige Hauptrichtung in (c) als Reißfugen normal B, d. h. ein Flächenpolmaximum um NO—SW. Verbunden mit diesen ac-Fugen sind symmetrisch zu (ac) gelegene Okl-Flächen. Weiters zeigen sich Polmaxima, die um NW—SO pendeln (im Diagramm durch die strichlierten Großkreise angedeutet). Sie entsprechen um die Gefügeachse a pendelnden h0l-Flächen, die unsymmetrisch um b (B) rotiert sind. Die Maxima um NNO bzw. SSO sowie ihre Gegenmaxima (NNW bzw. SSW) entsprechen symmetrischen hk0-Flächen. Das Flächensystem besitzt nach SANDER (1948, p. 102) monokline Symmetrie. Das Diagramm weist weitgehende Gleichheit mit dem aus dem Dolomitgebiet von Rein im nördlich angrenzenden Bereich (FLÜGEL, 1951 a, Abb. 1) auf.

Der Deformationsablauf.

Vergleichen wir die Diagramme des Kalkschieferbereiches im Norden (Abb. 2 a—c) mit denen des südlich daran angrenzenden Ordoviczuges (Abb. 2 d—f), so sehen wir:

1. Kalkschiefer: geteiltes Maximum von B und Beta in NW, ungeteiltes Maximum von B und Beta in N, Maximum von Beta ohne B in WSW.
2. Ordovicium: Maximum von Beta (B ?) in NNW, Maximum von Beta (B ?) in NNO, geteiltes Maximum von Beta ohne B in WSW bis WNW.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich eine Verdrehung der von B begleiteten Betamaxima um ca. 30° im Uhrzeigersinn zwischen Gotlandium und Ordovicium d. i. eine Verdrehung im Uhrzeigersinn

vom Hangenden ins Liegende und von Nordosten gegen Südwesten. Demgegenüber bleibt Beta ohne B in W im Hangenden und Liegenden gleich, abgesehen von der größeren Streuung innerhalb des Ordoviciums. Dies legt den Gedanken nahe, daß die Prägung von Beta ohne B einem jüngeren Deformationsplan zuzuschreiben ist als die Prägung von Beta mit B. Damit erscheint es unwahrscheinlich daß Beta ohne B im W als B' zu Beta mit B im N aufgefaßt werden kann.

Ein schlüssiger Hinweis auf die relativzeitliche Stellung der beiden Achsenprägungen NW und N (bzw. NNW und NNO) ergab die Gefügeanalyse nicht. Es spricht aber nichts dagegen, daß beide innerhalb eines nicht mehr weiter aufgliederbaren Formungsablaufes gleichzeitig entstanden. Eine Stütze findet dieser Gedankengang in der Tatsache, daß die NW bis NNW Achsen mit den Umlenkungsachsen aus der NO über NNO in die N Richtung der Antiklinale bzw. Liegendefalte übereinstimmen. Sie könnte so einzeitig mit diesem Umbiegen geprägt worden sein.

Vergleich mit den kinematischen Plänen des Paläozoikums von Graz.

Während 1949 nach Abschluß vorliegender Arbeit ein derartiger Vergleich noch nicht möglich war, erscheint er mir heute unumgänglich notwendig. Hierbei halte ich es für angebracht, die bisherigen gefügekundlichen Arbeiten innerhalb des Grazer Paläozoikums einer kritischen Betrachtung zu unterziehen. Dies vor allem aus zwei Gründen. Die Arbeiten sind einerseits teilweise nur als Dissertationen und daher kaum zugänglich erschienen. Andererseits erscheint es von Zeit zu Zeit nötig, das bisher Geleistete in kritischer Rückschau zu beleuchten, um dadurch der Gefahr in überkommenen oder selbst erarbeiteten Ansichten, Deutungen, Hypothesen oder Synthesen zu erstarren, zu entgehen. Dabei wird so manches dem erweiterten Blick nicht mehr oder nur in anderer Form standhalten, anderes dagegen, was vielleicht wenig oder gar nicht beachtet wurde, wird schärfer und deutlicher hervortreten und kann so an Wichtigkeit gewinnen. Nur dadurch erscheint mir ein Fortschritt gesichert.

Starke Anregungen zu folgendem Überblick gab mir ein Referat von Kollegen KARL (Innsbruck), welches er anläßlich der Tagung österreichischer Geologen 1953 hielt und welches, wie ich hoffe, bald in Druck erscheinen dürfte, sowie Aussprachen mit gefügekundlich interessierten Fachgenossen im Rahmen dieser Tagung.

1949 bearbeitete KRÖLL im Rahmen der Kartierung des Raumes zwischen Geisttal und Uebelbach gefügekundlich den aus Kalkschiefern aufgebauten Westrand des Grazer Paläozoikums. Er deutete seine Diagramme als Abbild zweier verschiedenzeitlicher Pläne mit den Achsen SO (alt) und NO (jung). Der naheliegende Gedanke, daß es sich hierbei um B normal B' handelt, wird bei kritischer Durchsicht seiner Arbeit bestätigt und erweitert. Es liegen zwei spitzwinkelig sich überkreuzende

Pläne mit Achsenlagen WSW und SW (Kreuzungswinkel ca. 25°) vor, von denen jede Achse normal auf sie ein zugehöriges B' besitzt.

Im gleichen Jahr gab JESENKO (1949) einen Bericht über das flächige und achsiale Gefüge des Raumes nördlich von Frohnleiten. Das Zusammenziehen zu großer und damit inhomogener Bereiche erschwert eine Deutung seiner Diagramme. Die geringe Anzahl der vermessenen B-Achsen (wohl gesteinsbedingt) läßt bei Auswertung dieser Vorsicht geraten sein, wenn nicht die Gefahr von Überdeutung in Kauf genommen wird. Sicher erscheint es mir, daß auch hier B normal B' mit Achsen SW bzw. normal dazu vorliegen. Die starke Streuung bzw. Teilung der Maxima läßt ebenfalls an spitzwinkelige Überprägung (Achse WSW und normal dazu) denken.

1951 veröffentlichte ich eine Untersuchung des Flächen- und Achsengefüges der Breitenauer Magnesitlagerstätte (FLÜGEL, 1951 b). Von den genannten drei Plänen sind nur B und C gefügeanalytisch faßbar. Es könnte sich bei beiden um B normal B' handeln, wenn nicht regionale Gründe dagegen sprechen würden. Eher denkbar ist, daß Plan A und B einzeln aufeinander bezogen werden könnten. Die starke Streuung in Abb. 4 a (Schieferinlagerung im Magnesit) dürfte wohl nicht auf spitzwinkelige Überkreuzung, sondern auf Festigkeitsinhomogenitäten zurückzuführen sein.

Zu der Arbeit über die „Schöckelkalk“-falte im Mühlbachgraben (FLÜGEL, 1952 b) ist zu bemerken, daß es sich bei der starken Streuung von B und Beta in NO wohl um eine spitzwinkelige Prägung handeln dürfte. Soweit die wenigen vermessenen Querfalten überhaupt eine Deutung erlauben — ich würde sie heute am liebsten überhaupt nicht deuten — handelt es sich bei ihnen nicht um B normal B' (Winkelbetrag zu B NO bei 45°!). Wohl aber könnten die Reißfugen mit NNO Streichen als ac-Fugen zu einer Achse (im Gefüge nicht aufscheinend) normal zu diesen Querfalten aufgefaßt werden. Von einer zeitlichen Einstufung der Querfalten in Bezug auf die Achsen um NO möchte ich auf Grund der wenigen Messungen überhaupt Abstand nehmen. Die gegebene Tabelle erscheint mithin überholt.

MAURIN (1953) beschrieb im Anhang zu seiner Aufnahme des Gebietes nördlich und östlich Peggau (Tanneben) das flächige und achsiale Gefüge dieses Bereiches. Die in Kartendarstellung gebrachten Diagramme lassen deutlich zwei aufeinander senkrecht stehende Achsen (B normal B') um OW und NS erkennen. Die starke Streuung bzw. Teilung der Maxima (gegen SW bzw. NNW) läßt auch für diesen Raum spitzwinkelige Überprägung vermuten. Zugeordnet zu B um O-W finden sich scharf ausgeprägte ac-Fugen.

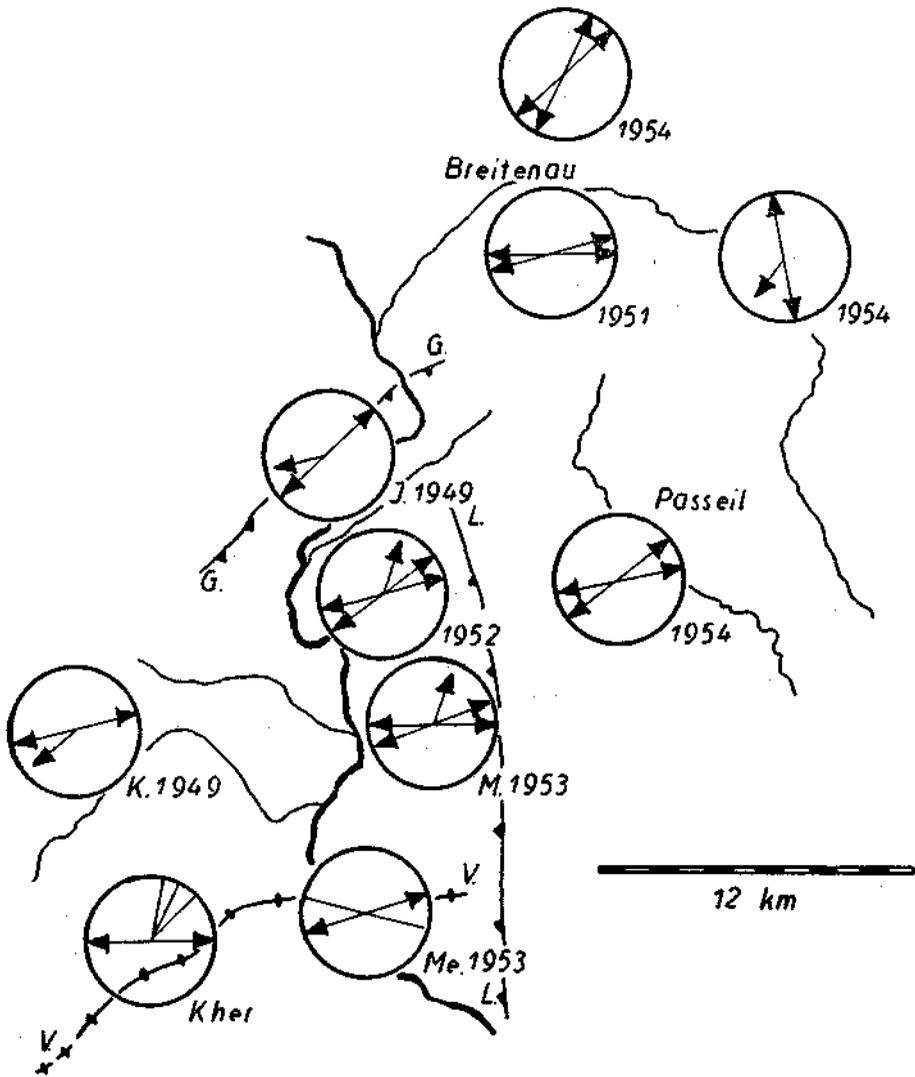


Abb. 5.

Achsenplankarte des Grazer Paläozoikums. Den in den Diagrammen aufscheinenden Achsenlagen entsprechen zumeist normal dazu stehende, nicht dargestellte B' (vgl. Text). Innerhalb der Diagramme bedeuten Pfeile nicht direkt erschließbare, jedoch auf Grund regionaltektonischer Überlegungen vermutlich nachoberkarbone Achsenlagen. Gerade ohne Pfeil, geologisch erschließbare, voroberkarbone Achsenlagen. Weiters sind eingetragen: G—G Gamsstörung, L—L Leberstörung, V—V voroberkarbone Antiklinalachse im Raume Kher—Rannach. Die Jahreszahlen beziehen sich auf die Literatur (K = KRÖLL, J = JESENKO, M = MAURIN, ME = MENSINK, ohne Buchstabe eigene Untersuchung.)

Von Bedeutung erscheint die Arbeit von MENSINK (1953), da ihm zufolge günstiger geologischer Verhältnisse (Oberkarbontransgression) im Raume um Gratkorn eine geologische Altersfixierung eines Achsenplanes gelang. Neben einer voroberkarbonen NW Achse stellte er eine nachkarbone ONO-WSW Richtung begleitet von B normal B' fest.

In einer jüngsten Arbeit (FLÜGEL, 1954) versuchte ich die Deformationspläne östlich der Mur darzustellen. Im Raume nördlich Breitenau (Diagr. Abb. 5) erscheint spitzwinkelige Überprägung mit Achsen SW und WSW möglich. Dasselbe gilt für das Passailer Feld, wo es mir nach Befund der Teildiagramme sogar gesichert erscheint. Nicht so sicher erscheint mir heute die gebrachte Deutung von Lb für dieses Gebiet, da die wenigen Messungen eine Überdeutung nicht ganz ausgeschlossen erscheinen lassen. Hier müßte eine nochmalige Überprüfung und Sicherung durch den Dünnschliffbefund erfolgen.

Auf Grund der Untersuchungen von MAURIN (1953) — die zur Zeit der Drucklegung der Arbeit noch nicht abgeschlossen waren — kann dem Fugengefüge der Peggauer Wand heute B und Beta gegenübergestellt werden. Neben deutlichen ac-Fugen normal der Achse O-W (bereits von MAURIN erwähnt) und undeutlichen normal der Achse NS finden sich zu beiden Achsen leicht im Uhrzeigersinn verschwänkte Fugenmaxima. Auch diese erscheint mir ein Hinweis für die reelle Existenz der Querfalten NNE in diesem Raum. (p. 12.)

Auf Grund dieser Arbeiten wurde versucht, für das Grazer Paläozoikum eine Achsenplankarte zu entwerfen (Abb. 5). Wir erkennen neben den immer wieder zum Durchschlag kommenden Richtungen WSW und SW bzw. OW und WSW mit den als B normal B' aufzufassenden Lagen (nicht dargestellt) nur im Osten das herausfallende „Heilbrunner Streichen“ (CLAR, 1935; FLÜGEL, 1952a) sowie die vorkarbone Verfaltung im Raume Kher, die teilweise andere Richtung aufzuweisen scheint. Aber auch der weite Bereich mit gleichbleibenden Achsenlagen zeigt bei näherer Durcharbeitung, daß sich gleiche Achsenrichtungen zeitlich keineswegs entsprechen müssen. Es zeigt sich aber aus dieser Karte weiter, daß variscische, vorkarbone Strukturen gefügearthologisch allein nicht festzustellen sind, da gleiche Lagen auch später geprägt werden.

Zusammenfassung.

Der durch die Oberkarbontransgression ausgezeichnete Raum von Kher läßt eine klare Unterscheidung zwischen den vorkarbonen und den nachkarbonen Strukturen zu. Als voroberkarbon ergab sich die

Prägung eines von NO über NNO gegen N ziehenden Faltenstranges, der im NO als aufrechte Antiklinale im SW dagegen als liegende Falte ausgebildet ist. Nachoberkarbon erfolgte eine Zerstückelung dieses Baues durch heute teilweise quarzerfüllte Brüche. Ebenfalls nachoberkarbon erfolgte die gefügekundlich feststellbare Prägung von Beta ohne B im W (Schein-B-Tektonik SANDERS). Ich möchte sie auf Grund des Geländebefundes — BOIGK (1951) folgend — als durch eine Südbewegung des Pleschdevons erzwungen auffassen. Auf diese Bewegung führe ich auch die Steilstellung älterer flachliegender Achsen im Raume südöstlich von Kher zurück. Nachoberkarbon endlich ist die Aufschiebung der Eichkogelscholle im Osten mit Bewegungssinn: Hangendes gegen Westen über Liegendes gegen Osten.

Schrifttum.

- Anderson J. I.: Deformation Planes an crystallographic directions in Quarz. — Geol. Soc. Am. Bull. vol. 56, 1945.
- Boigk H.: Zum Bau der Grazer Decken. — ZDGG. 1951.
- Clar E.: Vom Bau des Grazer Paläozoikums östlich der Mur. — N. Jb. Min. usw., Beil.-Bd. 74, Abt. B, 1935.
- Flügel H.: Die Tektonik des Plesch-Mühlbacherzuges. — Unv. Diss. Univ. Graz 1948.
- Die hydrogeologischen Verhältnisse zwischen Rein und St. Oswald nordwestlich von Graz. — Beitr. Hydr. Stmk. 3, 1950.
 - Klüftung und Talnetz im Grazer Bergland. — Geol. u. Bauw., Jg. 18, 1951 a.
 - Das flächige und lineare Gefüge der Breitenauer Magnesitlagerstätte. — BHM. 1951 b.
 - Der variscisch-alpidische Bau des Grazer Paläozoikums. — Anz. Akad. Wiss. Wien, 1952 a.
 - Kinematik einer Großfalte des Grazer Paläozoikums. — N. Jb. Min. usw., Mh., Abt. B, 1952 b.
 - Das sedimentäre Gefüge der Dolomitsandsteine (Grazer Paläozoikum). — Mitt. Nat. Ver. f. Stmk., 1953 a.
 - Die stratigraphischen Verhältnisse des Paläozoikums von Graz. — N. Jb. Min. usw., Mh., Abt. B, 1953 b.
 - Die Deformationspläne des Grazer Paläozoikums östlich der Mur. — (Im Druck, erscheint 1954.)
- Fuchs A.: Untersuchungen am tektonischen Gefüge der Tiroler Alpen II. — N. Jb. Min. usw., Beil.-Bd. 88, Abt. B, 1944.
- Griggs D. and Bell J. F.: Experiments bearing on the orientation of Quarz in deformed rocks. — Geol. Soc. Am. Bull., vol. 49, 1938.
- Haberfelner-Heritsch: Caradoc bei Stiwoll. — Verh. Geol. B. A. 1930.
- Heritsch F.: Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz. — Denkschr. Akad. Wiss., Wien, Math.-nat. Kl., 1917.
- Caradoc, Mitteldevon und Karbon bei Gratwein-Rein. — Verh. Geol. B.-A. 1930.
 - Ein Panzerfisch aus dem Paläozoikum von Graz. — Jb. Geol. B.-A. 1934.
 - Stratigraphie der geologischen Formationen der Ostalpen. Teil I. — Berlin, 1943. (Auflage verbrannt.)
- Jesenko P.: Das Paläozoikum zwischen Frohnleiten und Mixnitz. — Unver. Diss., Univ. Graz, 1949.
- Knebel R.: Profil der Antiklinale von Kher. — Anz. Akad. Wiss. Wien, 1938.
- Die geologische Aufnahme im Raum Plesch-Walz-Mühlbacherkogel. — Unver. Diss., Univ. Graz, 1939.

Das tektonische Gefüge von Kher bei Rein

- Kröll A.: Das Paläozoikum zwischen Übelbach und Geisttal. — Unver. Diss., Univ. Graz, 1949.
- Kuntschnig A.: Geologische Karte des Bergzuges Plabutsch—Kollerkogel. — Mitt. Nat. Ver. f. Stmk., 1937.
- Maurin V.: Die geologischen Verhältnisse im Raum zwischen Deutsch-Feistritz und Semriach. — Unver. Diss., Univ. Graz, 1953.
- Mensink H.: Eine tektonische Detailuntersuchung im Raume nördlich Gratkorn. — Mitt. Nat. Ver. f. Stmk., 1953.
- Rowland R. A.: Grain-shape fabrics of clastic Quarz. — Geol. Soc. Am. Bull., vol. 57, 1946.
- Sander B.: Gefügekunde der Gesteine. — Wien, 1930.
- Über Flächen- und Achsengefüge. — Mitt. R. f. B., Wien, 1942.
- Einführung in die Gefügekunde I, II. — Wien, 1948, 1950.
- Schouppé A.: Die paläozoischen Bewegungsphasen im Raum von Graz. — Mitt. Wiener Geol. Ges., 1952.
- Turner F.: Mineralogical and Structural Evolution of the Metamorphic rocks. — Geol. Soc. Am. Mem. 30, 1948.
- Vollbrecht K.: Zur Quarzachsenregelung sandiger Sedimente. — Acta Hydrophysica, Bd. I, Heft 2, 1953 a.
- Zur Unterscheidung von Sinkstoff- und Geschiebebarren. — Geologie, Bd. 2, 1953 b.