

# Dünnschliffe von gefältelem Röthidolomit-Quartenschiefer am Piz Urlaun.

Von

**G. Allenspach.**

---

Mitteilung aus dem mineralogisch-petrographischen Institut  
des eidgenössischen Polytechnikums.

In den Beiträgen zur geologischen Karte der Schweiz, Lieferung XXV, pag. 18, schreibt Prof. Heim:

„Die Hauptmasse des Röthidolomit ist entweder der feste, dichte Dolomit, oder es ist Zellendolomit-Rauchwacke (Cargneule). Nach oben finden wir einen Uebergang in grüne, rote oder violette Thonschiefer, den Quartenschiefer.

Derselbe vollzieht sich an vielen Stellen (z. B. Südseite der Tödigruppe am Piz Urlaun etc.) in Gestalt eines wohl hundertfachen Wechsels ganz dünner Dolomitlagen mit Schieferlagen, in welchen enge Staufalten vorzüglich schön ausgebildet sein können (Piz Urlaun, Carvera etc. etc.).“

Von dieser Uebergangszone befinden sich in der geologischen Sammlung des eidgenössischen Polytechnikums eine Menge sehr schöner Handstücke; sie sind senkrecht zur Faltung, also senkrecht zur Schichtung geschnitten und auf der einen Seite poliert. Aus dieser Sammlung wurden die passendsten Stücke ausgewählt, um aus denselben grosse Dünnschliffe herstellen zu lassen. Die Schliefflächen gehen parallel zur polierten Fläche der Handstücke, also auch senkrecht zur Faltung und senkrecht zur Schichtfläche. Die Schliffe selbst sind grösser als gewöhnliche Dünnschliffe; die grössern haben bis 20 cm<sup>2</sup> Schlieffläche. Sie wurden deshalb grösser gewählt, da es sich nicht nur um petrographische Bestimmungen handelte, sondern in erster Linie der Bau der einzelnen Falte, ihr Verlauf, ihr Zusammenhang mit andern Falten in Betracht gezogen werden sollte. Die Schliffe sind trotz ihrer Grösse sehr gut ge-

lungen und machen der Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen alle Ehre.

Schon dem unbewaffneten Auge fällt die typische Faltung sofort auf. Am schönsten sind die Faltungserscheinungen aber bei schwacher Vergrößerung mit Objektiv No. 00 R. Winkel unter  $\times$  Nicols zu verfolgen, wobei man den Vorteil hat, trotz Vergrößerung ein relativ grosses Gesichtsfeld zu überblicken. Wie bereits bemerkt, wechseln braune bis hellgelbe Schichten von Dolomit mit solchen von dunklem grünen Thonschiefer. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichtchen wechselt sehr, beträgt aber an normalen Stellen im Maximum 1 mm. Im allgemeinen scheinen die Dolomitschichtchen etwas mächtiger zu sein als die Thonschieferschichtchen. Keine Partie ist von der Gebirgsstauung unberührt geblieben; Falte reiht sich an Falte. Die Mittelschenkel sind sehr gequetscht, reduziert, oft total ausgewalzt und zerrissen. Letztere Erscheinung betrifft teils nur die Schieferpartien, teils nur die Dolomitbänder, teils beide. Ebenso häufig trifft man natürlich alle möglichen Uebergänge einer normalen Falte zur vollständigen Faltenüberschiebung. An den Umbiegungsstellen sind die Dolomitpartien ebenso wie die Schieferschichten stark verdickt und an diesen Stellen glaubt man zwischen den Schichten mit blossem Auge oder mit gewöhnlichem Mikroskop „klaffende Fugen“ zu treffen. Mit  $\times$  Nicols aber erkennt man an Stelle dieser Fugen Quarzkörner, mehr oder weniger stark undulös auslöschend. Nirgends ist eine Spalte, eine Fuge oder ein Loch zu treffen. Jede scheinbare Lücke ist mit Quarz ausgefüllt.

Untersuchen wir zunächst die drei Hauptpartien einer einzelnen Falte.

**1. Der Thonschiefer.** Den weitaus grössten Anteil an seinem Aufbau nimmt ein farbloser bis grünlicher Glimmer; nach seiner fast geraden Auslöschung, seinem schwachen Relief und seiner starken Doppelbrechung ist derselbe als Muscovit zu erkennen. Er erscheint in leistenförmigen Durchschnitten mit deutlich sichtbarer Spaltbarkeit nach (001). Der Muscovit ruht folglich mit seiner Basisfläche in der Schichtebene. Quarz ist ungewöhnlich spärlich zu finden; er bildet kleine, unreine flach linsenförmige Aggregate, die vollständig von Muscovit eingeschlossen sind. Da er mit dem Muscovit gestaut wurde, löscht er undulös aus. Neben

diesen primären Quarzen erkennt man noch eine sekundäre, völlig reine Quarzablagerung durch Sekretion, ganz unregelmässig und verschieden geformt. Meist ist es eine Lücke im Muscovit, die durch die Faltung entstanden sein mag, in welche der Quarz als ausfüllende Sekretion eindrang. Diese Bildungen sind theils stark, theils wenig, theils gar nicht undulös auslöschend, wahrscheinlich je nachdem sie zu Beginn, während oder erst am Schlusse der Faltung entstanden sind. Hie und da kommt als Nebengemengteil noch Rutil vor, kenntlich durch braunrote bis gelbliche Färbung, sehr hohes Relief und starke Doppelbrechung. Seine Nadelchen sind aber nur bei ganz starker Vergrösserung zu erkennen.

Häufiger als Quarz und Rutil sind Eisenmineralien. Unter denselben erkennt man Hämatit, Limonit und Pyrit; Hämatit in rotbraunen bis roten Blättchen mit gerader Auslöschung und mittlerem Relief; Limonit unregelmässig, meist fein zerteilt; Schwefeleisen in scharfbegrenzten, schön metallisch glänzenden speisgelben Kryställchen. Hämatit ist oft und leicht zu finden, während Pyrit nur ganz selten vorkommt.

Die ursprüngliche Paralleltexur ist noch an den meisten Orten mehr oder weniger deutlich erhalten. Durch weitgetriebene Faltenverwerfungen geht dieselbe stellenweise aber verloren und macht einem Clivage Platz. Der Thonschiefer ist ein plastisches Material; er bildet innerhalb einer Falte eine Menge kleinerer Falten: wir wollen sie Mikrofalten nennen. Diese sind natürlich nicht an den Umbiegungsstellen am häufigsten zu treffen, sondern in der Nähe der Umbiegungsstellen auf den Schenkeln. An den Umbiegungsstellen selbst verwandeln sie sich in einen sanft wellenförmigen Schichtenverlauf. Gegen die Mittelschenkel hin nehmen sie an Zahl ab, gehen aber dafür meist in Faltenverwerfungen über, nehmen also an Intensität zu.

In den Mittelschenkeln der Mikrofalten beobachtet man hie und da nicht nur starke Faltenüberschiebungen, sondern auch Bruchstellen, die aber schon während ihres Entstehens durch Quarz ausgefüllt wurden. Da diese Quarzsekretionen nach ihrer Ausscheidung auch wieder durch Druck beeinflusst wurden, zeigen sie undulöse Auslöschung; sie müssen sich also während der Faltung gebildet haben. Eine solche Bruchstelle durchzieht oft das ganze Band; manchmal sind nur einzelne kleinere Partien

gebrochen. Es giebt auch Fälle, in welchen das Glimmerband zwar zerrissen, die Lücke aber durch Glimmerblättchen selbst wieder ausgefüllt ist. Diese Verbindungsblättchen liegen nicht regellos zwischen den ebenfalls gequetschten Gewölbe- und Muldenschenkeln; sie lassen vielmehr meist noch die ursprüngliche Lage des gequetschten und nun zerissenen Mittelschenkels erkennen. An solchen Orten ist die Schleppung an den Gewölbe- und Mulden-Umbiegungen deutlich zu beobachten.

**2. Der Dolomit.** Wenn man von einem Handstück unseres Materials ein Stück eines braunen bis gelben Schichtchens abtrennt und dasselbe mit Essigsäure übergiesst, so reagiert es in keiner Weise; mit kalter verdünnter HCl braust es schwach; erst beim Erwärmen findet eine lebhaftere CO<sub>2</sub>-Entwicklung statt. Die entstehende Lösung ist jedoch nicht klar, sondern durch Gegenwart von Eisensubstanzen gelblich gefärbt und reagiert sehr deutlich mit Ferrocyankalium auf Eisen. Das Schichtchen besteht also aus typischem Dolomit.

Unter dem Mikroskop erkennt man bei  $\times$  Nicols sofort zwei total verschiedene Vorkommen des Dolomites. Schon in der Einleitung wurde bemerkt, dass Dolomitschichtchen und Schieferschichtchen in den Faltenumbiegungen stark verdickt sind und dass zwischen den einzelnen dieser Schichten scheinbar klaffende Fugen durch Quarz ausgefüllt werden. Die einzelnen Dolomitschichtchen sind nach oben und unten gut abgegrenzt; der scharfe Rand bildet oft schöne, regelmässige Kurven. An diese im grossen Ganzen eine Einheit bildenden Schichtchen schliessen sich auf beiden Seiten grössere, selbständige, längliche und meist gut abgegrenzte einzelne Dolomitkrystalle an. Dem Beobachter fällt sofort in die Augen, dass diese einzelnen Krystalle von den Dolomitschichtchen vollständig unabhängig sind und auf einem andern Wege entstanden sein müssen.

Betrachten wir zunächst die Dolomitschichten. Dolomit unterscheidet sich bekanntlich mikroskopisch hauptsächlich dadurch von Calcit, dass er nicht eine allotriomorph-körnige, sondern eine mehr oder weniger panidiomorph-körnige Struktur besitzt. Die einzelnen Kryställchen verzahnen sich nicht allseitig wie im körnigen Kalk, sondern sie berühren sich in kleineren Flächen. Ihr Gefüge erscheint dadurch locker, zuckerartig. Diese zucker-

körnige Struktur ist in unserm Falle von grosser Bedeutung; sie giebt dem Dolomit eine gewisse Gelenkigkeit. Es ist damit die Möglichkeit gegeben, dass ein gewisses Mass von Umformung vor sich gehen kann, ohne sichtbaren Bruch zu erzeugen. Unter starker Vergrösserung ist an den Umbiegungsstellen die „Zuckerstruktur“ oft noch sehr deutlich zu erkennen; man trifft schöne und gut ausgebildete Rhomboëder; deutlich umgrenzte Krystallaggregate sind eine häufige Erscheinung.

Ist das zuckerkörnige Gefüge, welches eigentlich einer richtungslosen Textur entspricht, nicht mehr vorhanden, so hat es etwelcher Parallelanordnung Platz gemacht. Die einzelnen Individuen sind immer noch relativ selbständig; ihre Gestalt ist aber etwas länglicher geworden; die Hauptausdehnung geht natürlich parallel der Schichtung. Je mehr man sich von den Umbiegungsstellen nach den gequetschten Schenkeln hin bewegt, desto mehr nimmt diese Erscheinung überhand; am stärksten ist sie in den ausgewalzten Schenkeln selbst ausgeprägt. Die einzelnen Kryställchen werden immer dünner und länger, und erscheinen schliesslich flach gequetscht. Dennoch bildet jedes Individuum eine Krystalleinheit; es ist nicht zusammengesetzt, d. h. kein Aggregat, was daraus hervorgeht, dass es unter  $\times$  Nicols einheitliche Polarisationserscheinungen erzeugt. Der einzelne Krystall ist gequetscht worden. Die Masse des einzelnen Körnchens ist dabei die gleiche geblieben; nur die Form hat sich geändert.

Ueber eine analoge Erscheinung giebt Professor Heim im „Mechanismus der Gebirgsbildung“ II (pag. 54) auf Tafel XV, Fig. 10 eine Abbildung eines Dünnschliffes durch gestauten dichten Hochgebirgskalk von Fernigen, Uri, und schreibt dazu:

„Fig. 10, Tafel XV stellt einen Dünnschliff parallel der Schieferung von einer Kalksteinplatte dar; in deren Ebene ein abgerissener Belemnit lag (Meyenthal). Hier ist nicht nur senkrecht zur Schieferenebene, sondern auch in der Schieferenebene selbst die Ausbildung keine gleichförmige mehr, es sind alle kleinsten Körner in der Streckungsrichtung des Belemniten ebenfalls gestreckt, jedoch ohne die geringsten Zerreissungen. Die Körner, die früher höchstens in der Schichtebene etwas lamellar oder tafelartig waren, sind jetzt linear gestreckt. Dadurch entsteht eine sehr feine Struktur, welche allerdings in den von mir bis jetzt untersuchten

Fällen sich nicht auffallend als Schieferung beim Zerbrechen kund giebt, wie das Ausweichungsclivage, doch immerhin fühlbar wird.“

Professor Heim nennt diese Erscheinung Mikroclivage zum Unterschied von Ausweichungsclivage. Bei Mikroclivage wird jedes Teilchen durch Clivage verändert, während beim Ausweichungsclivage innerhalb grösserer Gesteinsschuppen die ursprüngliche Mikrostruktur unverändert bleibt.

Für unsere Untersuchungen lagen nur Schiffe senkrecht zur Schichtung vor; die unsererseits beobachteten Erscheinungen stimmen aber mit den oben citierten so gut überein, dass an der Thatsache, in den Mittelschenkeln liege auch Mikroclivage vor, nicht zu zweifeln ist. Unsere Präparate bieten noch den Vorteil, den allmählichen Uebergang der ursprünglichen „Zuckerstruktur“ zum ausgesprochenen Mikroclivage deutlich verfolgen zu können,

Im Dolomit liegen unregelmässig zerstreut eine Menge Krystallaggregate von Hämatit, oft gut und deutlich in rötlichen, gelben Täfelchen, oft unregelmässig punktförmig verteilt. Immerhin ist zu bemerken, dass in den gequetschten Schenkeln mehr Hämatitkryställchen zu finden sind, als an den Umbiegungsstellen und dass sie sich in den ersteren in mehr streifenförmiger Anordnung vorfinden, welche Erscheinung wohl mit dem Auswalzen der Mittelschenkel zusammenhängt.

In den Schenkelpartien liegt eine Facies lentikularer Textur vor; die Dolomitbänder wie die Thonschieferschichten sind stark gepresst; oft keilen sie sich aus; an einzelnen Orten umschliessen langgezogene Glimmerpartien noch einzelne Dolomitschichtchen; an andern Orten wiegt Dolomit vor und in demselben sind umgekehrt kleine Schieferlinsen eingeschlossen. Sehr oft wechseln linsenförmige Dolomitpartien mit analogen aus Thonschiefer.

Es wurde bereits oben die Vermutung ausgesprochen, dass: das zuckerartige Gefüge der Dolomitmasse eine gewisse „Gelenkigkeit“ verleihe, die eine innerhalb bestimmter Grenzen sich vollziehende Umformung ohne Bruch gestatte. In den allermeisten Fällen genügte anscheinend diese Eigenschaft, den unter hohem Gebirgsdruck wirkenden Horizontalschub auszulösen. Bruchstellen sind eine seltene Erscheinung, kleinere Risse an den Umbiegungsstellen etwas häufiger; sie sind nicht geradlinig begrenzt, sondern die Trennungslinien folgen den Umrissen der Kryställchen; auch

sind solche kleine Risschen schon während ihres Entstehens wieder mit einzelnen grössern Dolomitkryställchen oder mit Quarzsekretionen ausgefüllt worden.

Vollständiger Bruch des Dolomitbandes ist mir nur in einem einzigen Falle bekannt. Ueber und unter der Bruchstelle sind die Schieferschichten intakt geblieben und zeigen die gewöhnlichen typischen Faltungerscheinungen. Die Bruchstelle ist wieder mit Dolomitsekretionen ausgefüllt; auch Quarzkörner traten in die Lücke ein. Die als Sekretion abgesetzten Quarz- und Dolomit-Kryställchen sind in ihrer Gestalt unverändert geblieben; Quarz löscht nicht undulös aus. Es ist daraus zu schliessen, dass dieser Bruch erst gegen Ende der Faltung entstanden sein wird. Er bildet aber, wie schon bemerkt, eine Ausnahme und wurde nur der Vollständigkeit halber hier noch erwähnt.

Die einzelnen Dolomitkryställchen an der Grenze von Dolomitband und Quarzsekretionen bilden eine Erscheinung für sich. Die Begrenzungslinie der Dolomitschichtchen, der äussere sowie der innere Rand sind scharf, sie bilden meist mehr oder weniger schön geformte Bogenlinien. An diese schliessen sich, in die Quarzsekretionen eingebettet und von diesen oft ganz umgeben, grosse, hie und da krystallographisch sehr schön und gut umgrenzte Dolomitindividuen. Sie liegen einzeln isoliert; in den wenigsten Fällen berührt das eine das andere; sie sind länglich, mehr oder weniger parallel gestellt und nehmen dabei die Richtung des Ausweichens, d. h. des Minimaldruckes ein. Der Grad der Vollkommenheit ihrer Ausbildung ist selten symmetrisch zur Axe der Falte. In den meisten Fällen sind sie auf der einen Seite bedeutend schöner und grösser als auf der andern. Sehr schön ausgebildet kann man sie an mehreren Umbiegungsstellen finden. Auf die Frage, wie diese einzelstehenden Dolomitkryställchen entstanden sind, werden wir noch zurückkommen.

**3. Die Quarzsekretionen.** Zwischen den Thonschiefer- und Dolomitschichten finden sich in der Region des Biegungsscheitels scheinbar klaffende Schichtfugen; bei  $\times$  Nicols aber stellt sich heraus, dass diese Räume dicht durch Quarz ausgefüllt sind, der lückenlos in alle Ecken und kleinsten Winkel eingedrungen ist. Dieses Auftreten weist deutlich darauf hin, dass er hier nicht primär sein kann, sondern Sekretionen bildet. Er ist immer nur da zu

treffen, wo sich ein Hohlraum, eine Fuge hätte bilden können. Es ist darum zu erwarten und auch den Thatsachen vollständig entsprechend, dass sich in den gequetschten Mittelschenkeln niemals Quarz vorfindet. Von den Umbiegungsstellen gegen die Schenkel hin keilt er sich aus und fehlt vollständig in den gepressten Partien der Schenkel. Die einzelnen Quarzindividuen sind länglich und lassen alle Uebergänge von normaler bis zur stark undulösen Auslöschung erkennen. Sehr interessant ist die Lage der einzelnen Krystalle. Alle Fältelchen einer ganzen Region zeigen die gleiche Orientierung der Sekretionskrystalle. Stellen wir z. B. eine Umbiegung, so wie es Fig. 13, Tafel IX zeigt, so finden wir bei dieser wie bei allen konvex nach oben gerichteten die Quarze auf der linken Seite der Faltenaxe stets stark gebogen.

Zwischen dem äussern Bogen der Schieferschichten und dem innern Bogen der Dolomitpartie befindet sich die Umbiegungsstelle links, das Knie derselben schaut gegen den Mittelschenkel; zwischen dem innern Bogen der Schieferschichten und dem äussern Bogen der Dolomitpartie ist das Knie der gebogenen Quarzkrystalle gegen rechts, also gegen den Gewölbescheitel gerichtet.

Auf der ganzen linken Seite sind diese Verhältnisse sehr gut ausgeprägt. Auf der rechten Seite kann die gleiche Erscheinung wohl noch beobachtet werden. Sie nimmt aber vom Gewölbescheitel an rasch ab und ist bald nicht mehr zu verfolgen. Die Quarzpartie einer Falte ist also ganz unsymmetrisch gebaut. In einem und demselben Schliff verhalten sich alle diese Quarzsekretionen gleich. Nie trifft man die Erscheinung, dass linke und rechte Seite ihre Rolle vertauscht hätten.

Wir haben bis jetzt eine kurze Uebersicht über die mineralogische und texturale Beschaffenheit der drei Hauptelemente unserer Dünnschliffe gewonnen und wollen nun versuchen, eine Erklärung dieser Verhältnisse, besonders der interessanten Unsymmetrie im Auftreten der einzelnen Dolomitkryställchen und der Quarzsekretionen zu geben.

Vor Beginn des Zusammenschubes der Erdrinde lagen die Schichten horizontal; Schichtchen von Dolomit wechselten mit Schichtchen von Thonschiefer. Die ganze Zone war bedeckt mit Quartenschiefer, Jura, Kreide und Eocæn, d. h. mit einem

Schichtenkomplex von über 1000 m Mächtigkeit. Der Prozess des Horizontalschubes begann; die äussern Schichten stauten sich in Falten mit mehreren 100 m Radius. Innern Schichten war diese Art des Ausweichens unmöglich, die darüber liegende Last war zu gross, als dass sie in ähnlichen Dimensionen hätten gefaltet werden können. Die herrschende und immer zunehmende Spannung der Erdrinde musste auf andere Weise gelöst werden. Wäre das Material ein homogenes gewesen, z. B. ein dichter Kalkstein, so würde senkrecht zum Maximaldruck einfaches Mikroclivage entstanden sein, wie z. B. im dichten Hochgebirgskalk im Meyenthal, Uri (A. Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung II, pag. 54). Da das Material aber nicht homogen war, sondern aus abwechselnden Schichten von mehr oder weniger panidiomorph-körnigem Dolomit einerseits und feinschieferigem Thonschiefer andererseits, also aus zwei mechanisch sich verschieden verhaltenden Gesteinsmassen bestand, bildeten sich kleine Falten; eine schloss sich an die andere an, oft hunderte auf einige Meter Distanz. Gewölbe-, Mittel- und Muldenschenkel der einzelnen Falten wurden durch den Druck parallel gestellt. Gewölbe- und Muldenumbiegungen wichen in der Richtung des Minimaldruckes nach oben und unten aus; die Schenkel wurden gepresst, gequetscht. Sie wurden immer dünner, die Umbiegungsstellen immer mächtiger. Der Thonschiefer begann sekundäre Fältelchen, Mikrofallen zu bilden, die anfänglich mehr oder weniger senkrecht zum Radius der Falten gestellt waren. Zwischen den einzelnen Thonschiefer- und Dolomitbändern bildeten sich durch fortgesetzten Zusammenschub und durch fortwährendes Ausweichen in der Richtung des Minimaldruckes kleine Fugen. Durch Sekretion von Quarz wurden aber diese Fugen wieder ausgefüllt. Infolge langen Andauerns dieses Vorganges wuchsen die anfänglich kleinen Quarzsekretionen allmählich zu grössern länglichen Krystallindividuen an, deren Längsaxen in der Richtung des Minimaldruckes gestellt waren. In der grossen Mehrzahl der Fälle sind die Quarzkrystalle so orientiert, dass ihre c-Axe mit der Richtung grösster Ausdehnung zusammenfällt. Neben Quarzsekretionen haben sich auch neue Dolomitkrystalle gebildet, die in analoger Weise wie die Quarze gewachsen sind; sie nahmen ihren Anfang an der Grenze von Dolomitschichtchen und Quarzpartien und wuchsen nach und nach ganz in diese hinein. Hie

und da wurden sie vom Muttergestein auch ganz abgelöst und gerieten dann in die Quarzsekretionen. Dolomitkryställchen sowie Quarzindividuen sind allmählich entstanden; ihr Wachstum war mit dem Stauungsprozess enge verknüpft und ging wie dieser enorm langsam vor sich.

Die Mikrofalten des Thonschiefers wurden allmählich steiler gestellt; der anhaltende Druck suchte sie der Ausweicherichtung parallel zu stellen. An einzelnen Orten ging dadurch die Schichtung nach und nach verloren und machte Verschiebungsflächen Platz; es entstand eine Transversalschieferung (Clivage).

Nehmen wir einmal an, die Ausweicherichtung stehe senkrecht zum Maximaldruck und denken wir uns in ersterer Richtung eine Axe durch die Falte gelegt, so müssen bei Ausschluss störender Umstände beide Seiten der Falte symmetrisch gebaut sein. Symmetrisch verhalten sich in unsern Schlifften aber nur die zusammenhängenden Dolomitschichten; die Thonschieferschichten und die Dolomitsekretionen sind nur zum Teil symmetrisch; die Quarzpartien vollständig unsymmetrisch.

Diese Thatsachen zwingen zur Annahme, dass die Ausweichungsrichtung nicht senkrecht zum Maximaldruck stehen konnte, sondern dass sie mit demselben einen etwas kleineren Winkel bildete. Nehmen wir an, sie liege wie in Fig. 13, Tafel IX angegeben, in der Richtung von links unten nach rechts oben, weiche aber nicht sehr stark von der eines rechten Winkels ab. Die Schenkel der Dolomitbänder werden durch diese Aenderung in ihrer Lage wenig oder meist gar nicht betroffen. Sie bleiben nach wie vorher symmetrisch zur Axe der Falte. Nicht so die Thonschiefer; die Mikrofalten auf der linken Seite werden in ihrer Richtung geändert, gedreht wie der Zeiger einer Uhr, und suchen sich der Ausweichungsaxe parallel zu stellen. Ihr äusserer Rand wird nach rechts oben, ihr innerer Rand in umgekehrter Richtung nach links unten bewegt. Durch diese Drehung wurde unausgesetzt Platz geschaffen für neues Wachstum der Quarzkrystalle. So wuchsen sie als Sekretionen in die Länge, aber nicht in einer geraden Linie, sondern sie nahmen Bogengestalt an. Oft trat der Fall ein, dass solche gebogene Quarzindividuen durch weitem Gebirgsdruck nachträglich wieder beansprucht wurden; dann löschen sie undulös aus. Oft aber konnten sie die einmal durch stetes

Wachstum erhaltene Gestalt auch beibehalten; bei solchen ist keine undulöse Auslöschung bemerkbar. Hat die Ausweichebewegung oben genannte Richtung eingeschlagen, so wird die unsymmetrische Stellung der Quarzsekretionen leicht erklärlich. Die durch den Horizontaldruck erzeugte Ausweichebewegung wirkt auf der linken Seite unter steilem Winkel auf die Schenkel der Mikrofalten und sucht sie zu sich selbst parallel zu stellen. Von der Umbiegung an nach rechts wird dieser Winkel immer kleiner, die Tendenz zur Verschiebung deshalb schwächer. Findet aber auf der rechten Seite diese allmähliche Drehung der Thonschieferschichten nicht statt, so ist auch das Wachstum der sich ausscheidenden Quarze kein bogenförmiges, sondern ein geradliniges. Dass die Mikrofalten auf der rechten Seite schliesslich doch eine steilere Parallelstellung annehmen, ist weniger dem Ausweichen, als der direkten Pressung zuzuschreiben.

Nach all diesen Erscheinungen ist zu schliessen, dass der Horizontalschub der Erdrinde nur sehr langsam ausgeglichen wurde. Alle Phasen und Arten der Bewegungen sind enge aneinander geknüpft und die eine durch die andere bedingt. Durch lokale Zufälligkeiten: z. B. Heterogenität des Materials, Veränderung der Richtung der Druckkraft, sind die einzelnen Falten in ihrer Gestalt unter sich oft verschieden; die oben angegebenen Charaktermerkmale aber sind bei allen mehr oder weniger gut ausgeprägt. Spalten konnten sich nicht ausbilden; sobald irgend welche Anlage dazu vorhanden war, drang Quarzlösung von den am stärksten gepressten Stellen weg an die Zugstellen hin, um sofort auszufüllen. Die Sekretion ging der Faltung und Stauung parallel.

---