

# Die gefalteten Quarzphyllite von Hirt bei Friesach in Kärnten.

Von Franz Toula.

Mit 2 Tafeln (Nr. X—XI) und 2 Zinkotypen im Text.

Die jüngst von O. Wilckens<sup>1)</sup> veröffentlichten Faltenbilder aus dem Adulagebirge in Graubünden erinnerten mich an meine Beobachtungen bei Hirt in Kärnten, im ebenflächig erscheinenden, in Wirklichkeit aber weitestgehend gefalteten „Quarzphyllit“. Vor Jahren schon habe ich die erste Wahrnehmung verzeichnet. Bei einem Spaziergange an der merkwürdigen Talsperre unterhalb der kleinen Häusergruppe der Bräuerei von Hirt, nahe der Einmündung der Metnitz in die Gurk, verfolgte ich die kleine Bezirksstraße, die von der durch die Metnitzenge führenden Reichsstraße abzweigt, über den Sattel bei der Lußnerschen Ziegelei hinüberführt, gegen Töscheldorf und Althofen, und am Steilhange an der linken Talseite der Metnitz hinaufzieht. Am schmalen Fahrwege fand ich hie und da ein Schotterhäufchen von plattigbrechendem, wie Quarzphyllit aussehenden festen Schiefer und zufällig kam mir ein größeres Bruchstück in die Hand, welches einen frischen Querbruch erkennen ließ, der, wie gebändert aussehend, sich als schön gefaltet ergab. Da allenthalben am Hange nur ganz mürbe Glimmerphyllite anstehen, interessierte mich das auffallende, quarzreiche und festgebundene Gestein und ich beschloß, da der Schotter sicherlich nicht weit hergeführt sein konnte, denn sonst hätte man ja die zur Schotterung der Reichsstraße benützten dunklen Triaskalke von Althofen verwendet, sein Vorkommen aufzusuchen.

Höher oben am Hang, schon nahe dem Waldrande, waren mir schon früher von der Straße aus kleine Aufschlüsse aufgefallen und ich beschloß, diese zunächst aufzusuchen. Man erreicht sie vom erwähnten Sattel aus auf einem Feldwege, der vom Sattelbauernhause aus nordwärts führt. Dabei kommt man über die allgemein vorherrschenden glimmerigen Schiefer, welche großplattig brechen und, wie am ganzen

---

<sup>1)</sup> Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1910, I, 2, pag. 79—90, Taf. VIII—XIII. Einige Jahre vorher ist die Arbeit „Rock cleavage“ von Ch. Kenneth-Leith erschienen. Bull. U. St. geol. Surv. 289, Washington 1905, welche einige recht gute Illustrationen enthält, zum Beispiel Taf. XX, XXVI. Die ersten meiner Fundstücke habe ich bei Gelegenheit der Tagung der Deutschen Naturforscher und Ärzte in Wien vorgelegt, pag. 200 u. 201 der Publikationen dieser Tagung. 1895.

Hänge, mürbe und brüchig sind. Bald erreicht man die Löcher am Hange und damit in der Tat die Fundstelle des fraglichen Schottermaterials.

Der größte der Aufschlüsse ist etwa 6 m in den Hang hineingetrieben und ließ schon beim ersten Besuche erkennen, daß das brauchbare Material unter einer wenig mächtigen Lage von dünnplattigem, mürbem Glimmerphyllit, der durch tiefgehende Verwitterung

Fig. 1.



Ansicht des kleinen Schotterbruches, wie er sich am 6. September 1905 darbot. Zwischen *A* und *B* und *A'*, *B'* verläuft ein Saigersprung, an welchem die Scholle *A'*, *B'* abgesunken ist.

Gezeichnet von Frau Architekt Dora Wünschmann, geb. Toula.

braun gefärbt ist, auftritt. Ich habe diese Stelle oftmals besucht, um gute Stücke zu sammeln. Bei einem dieser Besuche begleitete mich mein lieber Freund Bergrat Dr. Alexander Steuer.

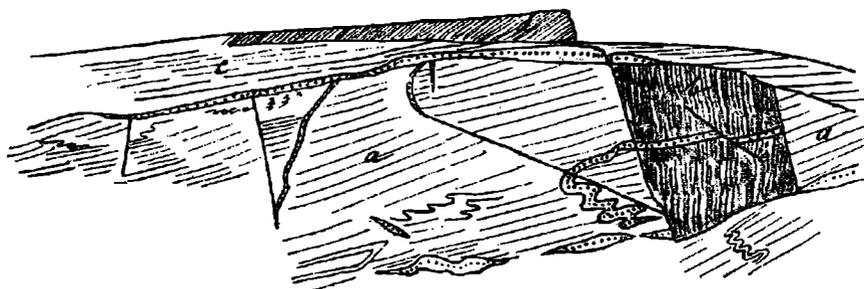
Das feste, vielfach wie gebändert erscheinende Gestein wird durch annähernd N—S verlaufende Klüfte durchsetzt, welche beim Betrieb die Gewinnung von auch nach anderen Richtungen zerklüfteten Blockmassen ergibt, mit fast ebenen Abbruchflächen. Außer den Hauptbruchflächen (hora 11 streichend bei saigerer Stellung) beobachtete ich schräg darauf verlaufende Saigerbrüche (nach hora 7) und solche nach hora 8 und hora 9 (!). Die Hauptabbruchflächen sind bis gegen 3 m Höhe aufgeschlossen.

Die Gewinnung erfolgt in zwei Horizonten und liegen die Verhältnisse so, daß die unteren Angriffsflächen ganz dieselben Charaktere aufweisen wie die der oberen Partie. Die Streichungsrichtung der Hauptklüfte (hora 11) verläuft im Sinne des Hangstreichens und stellt die untere Partie zweifellos eine im Sinne des Hangverflächens abgerutschte Scholle dar (*B'*). Man vergleiche Textfigur 1 nach einer Skizze meiner Tochter Dora Wünschmann vom 6. September 1905.

Die Schieferung verläuft schwebend mit leichter Neigung gegen N. Bei einem früheren Besuche derselben Lokalität (9. September 1903) konnte ich das Profil Textfigur 2 zeichnen.

Nach dieser Skizze würde sich ergeben, daß die augenfälligen Faltungsbildungen lokalisiert erscheinen, als örtliche Stauchungen des

Fig. 2.



Die nördliche Partie der Abbaufächen. Oberer Horizont.

Nach dem Bestande am 9. September 1903.

*a* = Der feste zum Teil wie gebänderte Quarzitphyllit, mit nach hora 11 abgebrochenen Bruchflächen. Ebenflächig brechend, stellenweise intensiv gefaltet.

*b* = Dasselbe Gestein, an einer Klufffläche nach hora 7 abgebrochen.

*c* = Der hangende mürbe Glimmerphyllit.

*d* = Krume. — *e* = eine der schrägen Verwerfungen.

Die punktierten Stellen: Quarzansscheidungen.

gewaltigen, inneren Pressungen ausgesetzten Gesteines. Bemerkenswert ist das Auftreten der Quarzlagen und Gänge an der oberen Grenze gegen die mürben, aufgelockerten und tiefgehend verwitterten Deck-schiefer (*c*) und der von diesen als Kluffüllung in die festen, gefalteten Massen (*a*) eindringenden Quarzadern und Gänge. Besonders auffallend ist das Verhalten der unteren Quarzvorkommnisse, welche so auftreten, als ob sie als Lagergang zu betrachten wären, der gefaltet, ausgezerrt und in linsenförmige Stücke (zum Teil, links unten, gefaltet) zerrissen worden sei. In der Bruchwand *b* läßt sich eine Verwerfung längs einer schräg verlaufenden Kluff erkennen.

Die noch näher zu erörternden Vorkommnisse in den zwischen den augenfälligen Faltungerscheinungen gelegenen, viel weiter ausgedehnten Gesteinspartien, lassen es aber als wahrscheinlich oder doch

möglich erscheinen, daß man es bei diesen vollkommen ebenflächig brechenden, wie fein gebändert sich darstellenden Partien mit noch viel weitergehender, bis zum annähernden, ja selbst vollkommenen Parallelismus der Faltschenkel gediehenen Zusammenpressung der Falten zu tun haben dürfte und würden sich die augenfällig gefalteten Stellen als solche betrachten lassen, welche sich jenen Pressungen nicht bis zum vollkommenen Planwerden gefügt haben. Daß die Pressungsrichtung nicht rein normal auf die jetzt erscheinenden Schieferungsflächen erfolgt ist, sondern in schräger Richtung eingewirkt haben muß, die zur Schiebung und „Auswalzung“ führte, das wird ersichtlich, aus den vielfach und geradezu trefflich zu beobachtenden Auszerrungen der „Mittelschenkel“, an einzelnen der gewonnenen Stücke. Überaus verschieden hat sich dabei das Material an den Stellen, wo lokale Stauchungen im Gestein möglich waren, verhalten. Scheinbar dasselbe Material ist an einer Stelle derartig gefaltet und wieder gefaltet, daß man auf hochgradige „Plastizität“ schließen möchte, während an anderen die Erscheinungen starrer, wenig plastischer Substanzen in den verschiedensten Abstufungen wahrgenommen werden. Diese Verschiedenartigkeit des Verhaltens ist jedoch für mich zweifellos nur in dem Umstande zu suchen, daß an jenen Stellen mit augenfälliger Faltung eine Nachgiebigkeit der umgebenden Massen, in der Richtung der die Art der Faltung mitbedingenden Pressung bestanden haben dürfte, während in der Richtung der Schiebung und Schieferung stellenweise ein stärkerer Widerstand vorhanden war, der zu einer lokalen Stauchung Veranlassung gab.

Von der großen Anzahl der bei Hirt gesammelten Stücke will ich eine Auswahl von recht bezeichnenden, einer bildlichen Darstellung und Besprechung unterziehen. Sieben dieser Stücke habe ich in die II. Auflage meines Lehrbuches aufgenommen. (Wien, Alfred Hölder, 1906, pag. 208.) Sie wurden von dem Zeichner N. Mayer der artistischen Anstalt J. Wenzel mit geradezu bewunderungswürdiger Sorgfalt zur Darstellung gebracht. — Manche der Stücke spotten geradezu jedem Versuche, sie zu beschreiben.

Taf. X, Fig. 1 zeigt einerseits eine ausgesprochene Doppelfalte (W- oder M-förmige Faltung), an welche sich links eine vorgeschobene dritte Faltenhälfte anschließt, während die rechtseitigen Schenkel in schönster Regelmäßigkeit auftreten. Weiter nach oben ist das Material zum Teil (oben) noch, dem zusammengepreßten Doppelgewölbe entsprechend, gestaltet, auf der rechten Seite aber vielfach gestört, sekundär gefaltet, zerstückt und verschoben.

Taf. X, Fig. 2. Ein vollkommen plane Hauptbruchflächen aufweisendes Stück läßt links eine größere Zahl in der Anlage V-förmige Faltenstücke erkennen, mit zum Teil weitgehend ausgezerrten Schenkeln. In den Kernen der (bei der gewählten Aufstellung) Synklinalen sind mehrfach sekundäre Falten erkennbar, welche aber auch in einer der „Antiklinalen“ (in der rechten oberen Ecke) sehr deutlich auftreten. Bei der linken Hälfte, von der rechten durch eine am Original sehr wohl ausgeprägte Verschiebungskluft parallel zur Schieferungsebene geschieden, ist die Aneinanderpressung der Falten viel weiter gediehen. Der eine Schenkel, nahe der Grenze rechts, ist zerknittert

und schiebt sich oben zwischen zwei benachbarte, enge, nach unten spitz ausgezogene „Synklinale“ hinein. Es dürften hier eine ganze Zahl von Verschiebungsflächen verlaufen. Nach dem linken Rande zu erscheint eine Zone von parallelen Flächen, eine Art Band, aus weitestgehender Zusammenpressung bis zur annähernden Parallelstellung der Schenkel entstanden, was an anderen Stücken noch besser zu zeigen sein wird.

Taf. X, Fig. 3. Faltung mit ausgezerrten Mittelschenkeln. In den Kernen sekundäre Faltungen. Die Auszerrung ist an verschiedenen Schenkeln verschieden weit gediehen und es fehlt nicht an Stellen, besonders in den randlichen Partien, wo es zu enger Faltung in den einzelnen Lagen der Mittelschenkel gekommen ist.

Taf. X, Fig. 4. Schöne Auszerrungen in dem Mittelschenkel zwischen der linken Synklinale und der angrenzenden Antiklinale. Der rechte Mittelschenkel der Antiklinale fällt durch seine Zusammensetzung aus breiten Lamellen auf, von welchen in dem vorhergehenden Mittelschenkel keine Andeutung wahrzunehmen ist. Die Synklinale rechts erscheint weitgehend deformiert und zerrissen.

Taf. X, Fig. 5 zeigt ein ganz verschiedenes Verhalten. Die Falten sind breit angelegt, der Mittelschenkel ist ausgezerrt und zum Teil in einzelnen Lagen zerrissen. Die Synklinale ist sekundär gefaltet, zum Teil mit Auszerrungen in den Sekundärfalten. Am oberen Ende der Mittelfalte, gegen die Gewölbehöhe hin, an der tiefgehenden Falte zweiter Ordnung (Sekundärfalte), erlitt die erste Lage eine bis fast zur Einfaltung gediehene Biegung, während die nächste Lage stark ausgezerrt, die dritte vollkommen abgerissen, die vierte und die folgenden weitgehend nach oben gezogen erscheinen, was am Originalstücke schon außerhalb des entnommenen Bildanteiles gelegen ist. Ähnlich so auch am unteren Ende des Mittelschenkels. Im Kern der Falteile (Mulden- und Gewölbekern) sind die tieferen Lagen wirr gefaltet und zerdrückt. Besonders weitgehend ist dies in der Lage am rechten unteren Ende des Bildes ersichtlich, wo die Gewölbe- und Muldentiefen zerbrochen sind, so daß die Mittelschenkel übereinander zu liegen kommen, was Erscheinungen hervorruft, welche an die „Schuppenstruktur“ erinnern. Ich denke dabei an Folgen weitgehender Stauchungen.

Taf. X, Fig. 6 läßt ganz auffallende Erscheinungen beobachten. Es liegen drei Faltengruppen vor, welche förmlich übereinandergeschoben erscheinen, so daß die eine von der anderen deckenförmig überlagert wird. Links eine weitgehend deformierte Mulde, in der Mitte eine Faltenpartie mit gekräuselten Lagen, die sich im unteren Teile als eine ganze, aus Gewölbe und Mulde bestehende Falte deuten ließe, was am Original deutlicher hervortritt als am Bilde. Der obere Teil scheint eine schräge stehende Antiklinale zu bilden mit gekräuselten Schenkeln und spitz ausgezogener Gewölbehöhe. Rechts unten erscheint eine Muldeneinfaltung mit gekräuselten Schenkeln, an welche sich eine Gewölbeeinfaltung schließt. Zwischen beiden finden sich mächtigere Lagen der Mittelschenkelpartie.

Taf. X, Fig. 7 stellt ein Stück aus dem wie gebändert erscheinenden, ebenflächig spaltenden Teile des Aufschlusses dar (*a* Fig. 2).

Unschwer erkennt man schon am Bilde, noch besser aber an dem über die Bildfläche hinausgreifenden Anteile des Originalstückes, daß man es dabei mit bis zur Parallelstellung zusammengepreßten Falten zu tun hat.

An diese Beispiele möchte ich noch die Betrachtung einer Anzahl von besonders guten Stücken anschließen, die ich auch durch Illustrationen belegen werde, wenn es mir mit Hilfe des Herrn Ingenieurs Beyer, des Photographen des Elektrotechnischen Instituts der k. k. technischen Hochschule gelingen sollte, sprechende Bilder zu erhalten, da die Herstellungen von Zeichnungen, bei aller Hingabe des Zeichners, immer noch in den Details zu wünschen übrig lassen. (Das Ergebnis der Versuche war ein ganz befriedigendes, wie die nächsten Figuren beweisen.)

Taf. XI, Fig. 8 *a* zeigt in der Mitte des Bildes einen recht einfachen Verlauf einer Reihe von nur etwas schief gestellten Falten mit verschiedenen Faltenhöhen, mit wenigen Faltungen zweiter Ordnung. Ober- und unterhalb dieser Faltenzone aber kommt es zu recht weitgehenden Zerstückungen, die unten von gedrängt stehenden Verschiebungsfächen hervorgerufen werden.

Fig. 8 *b*. Auf der Gegenfläche (4·5—6·5 *cm* weit abstehend) ist die Faltung durch eine deutliche Schubfläche verschoben, wovon nur ein Teil der gefalteten Lagen betroffen wurde. Die sekundären Schubflächen der ersten Darstellung haben im unteren Teile des Bildes einzelne Teilstückchen in den Mittelschenkeln derartig betroffen, daß an einer Stelle eine treppenförmige Verzerrung entstanden ist.

Fig. 9 läßt Falten erkennen mit stark ausgezerrten Mittelschenkeln, während die Mulden- und Gewölbeanteile sehr kräftig, wie verdickt erscheinen. Rechts dagegen tritt Bänderung auf.

Fig. 10. Eine Reihe von in der Anlage sehr regelmäßigen Falten, die zum Teil sehr deutliche Auszerrungen bis zur Bildung von Brüchen und Überschiebungen, ähnlich so wie bei der zur Schuppentextur neigenden Partie von Fig. 5 (Taf. X), erkennen lassen, während andere Teile, vornehmlich Gewölbekerne, eine weitgehende Kräuselung zeigen.

Fig. 11. Ein kleines Stück, zeigt sich aus etwa 6 deckenförmigen Faltenzonen zusammengesetzt, deren jede ein anderes Verhalten des gequälten Gesteins zeigt.

Die erste Zone links zeigt die weitestgehende Zusammenschiebung der Faltelemente bis zu fast parallelem Verlauf, dazwischen in kleinen, hellen Partien deutliche, mehrfache Faltung. Die zweite Zone zeigt die verdickten Wölbungen mit weitgehender „Auswulzung“ an den beiderseitigen Grenzen. Die dritte Zone wird (immer nach der Stellung des Bildes) durch eine Antiklinalenfolge mit sekundär gefalteten Gewölbehöhen im Zickzackverlaufe gebildet. Die vierte besteht aus einer Hauptfalte mit sekundärer Fältelung der Gewölbe- partien und der Kernregionen. Die fünfte zeigt wieder einen ähnlichen, verwickelten Bau. Eigentlich sind es zwei zusammengepreßte Falten, was oben am besten zu erkennen ist, während weiter unten eine Zerstückung eingetreten ist, die beiden Mulden spitz ausgezogen sind und die linke abgerissen erscheint. Die letzte Zone (rechts im

Bilde) läßt die spitzzackigen Faltenhöhen gut verfolgen, ist aber zu unterst weitgehend zerstückt. Drei Gewölbehöhen treten dicht nebeneinander auf.

Taf. XI, Fig. 12. Recht eigentümlich ist das Aussehen dieses Stückes. Zwischen gebändert erscheinenden Lagen erscheint eine deutliche Faltenzone eingepreßt.

Eine zart gefaltete Partie rechts zeigt eine Antiklinale mit lang ausgezogenem Mittelschenkel, der im Bilde oben plumpe Verdickungen erkennen läßt, an welche eine Schubfläche schließt. Die nächste Zone zeigt unten Bänderung, weiterhin aber weitgehende Verdickungen der Quarzitlagen. Eine schmale Bandzone folgt darauf (wie immer in den Bildern herrschen hier die tonigen Substanzen vor), dann aber kommt man an quarzitreiche Lagen, zuerst mit bänderiger Auswulzung, woran sich feinzackig gefaltete Partien schließen. Wieder kommt dann eine gebänderte tonreichere Lage und dann eine enge Falte, die spitz zuläuft, während sich eine andere Spitze einschleibt. Zu äußerst links eine breitere Bandzone mit deutlichen, lang ausgezogenen Falten mit annähernd parallelen Schenkeln.

Bei diesem und manchen der vielen anderen Stücke meiner Sammlung kann man sich an den angeschliffenen Querbrüchen der anderen Seiten der Stücke überzeugen, wie mannigfach die Bänderung in den Faltungen an einem und demselben Stücke ist, woraus hervorgeht, daß alle die Faltungs- und Stauchungserscheinungen, mit deutlich entwickelten Gewölben und Mulden, an räumlich beschränkten Stellen sich vollzogen haben. Aber auch die bis zum fast oder völlig erreichten Parallelismus der Schenkel gediehenen Zusammenpressungen sprechen für keine sonderlich beträchtlichen Faltungsweiten.

Taf. XI, Fig. 13. Dieses Stück zeigt wieder einige Absonderlichkeiten. Links in der gebändert erscheinenden Partie sieht man unten mehrere der Quarzfaltungen etwas aufgebläht und in feine Spitzen ausgezogen. In der zweiten Faltungszone wiederholt sich diese Erscheinung in größerem Ausmaße, doch kann man die Spitzen deutlich in ganz dünnen Lamellenauswulzungen verfolgen. Auffällig ist die Stauchungsfaltung am oberen Ende des Stückes. Die dritte Zone läßt drei deutliche, aneinandergedrückte Falten erkennen, von welchen die Gewölbe der beiden ersten Falten weit nach oben vorgeschoben erscheinen, während die dritte (unten rechts) eine geringe Faltenweite (wenn ich den Abstand der Gewölbehöhe und Muldentiefe so bezeichne) erkennen läßt. Eine Schubfläche trennt die vierte äußerste rechte Zone. Man nimmt den Abriß der in dieser Zone auftretenden Falten unten und oben deutlich wahr.

Taf. XI, Fig. 14. An diesem schönen Stücke sieht man links eine stark ausgezogene Falte mit etwas deformiertem Mittelschenkel, so daß es zu einer annähernden Muldeneinfaltung kam. Daran schließt sich eine nach unten spitz ausgezogene Synklinale, deren rechter Schenkel weitgehend ausgezogen erscheint und sich mit der darauffolgenden Antiklinale verbinden dürfte. In der Mulde, die nun folgt, treten Cleavageflächen gegen oben zu auf. Etwas breiter ist die nun folgende, in ihrem Kerne deutlich entwickelte Antiklinale, auf welche dann eine schmale, gebänderte Zone folgt, welche nach unten mehrere

verdickte und sekundär gefaltete Lagen erkennen läßt. Auch W-Falten rechts unten treten auf. Eine etwas schräg verlaufende Schubfläche, im Bilde etwas dunkler gefärbt, mit vielen engen und kurzen Fältelungen, die in der Mitte Cleavageflächen zeigen, grenzt dann an eine durch Verdickungen unregelmäßig erscheinende Bänderzone rechts.

Taf. XI, Fig. 15 läßt drei recht verschieden entwickelte Zonen erkennen. Rechts in den im allgemeinen zur Bänderung neigenden spitz V-förmigen Falteanteilen von geringer Faltenweite, hier und da Schubflächenandeutungen. Auch die mittlere Partie der Bildfläche zeigt, nach dem schmalen, hellen Bande, hier weiter ausgreifende Schubflächen, zwischen den feingefalteten Partien, nach links in schöne Kräuselfalten übergehend. Die dritte linksrandige Zone wird von zahlreichen, unten besonders deutlich entwickelten Schubflächen durchsetzt, welche oben mehrfach deutliche Faltenverschiebungen, zum Teil nur mit sehr geringen Verschiebungsweiten, wahrnehmen lassen, so daß diese Schubflächen stellenweise nur ganz lokale Entwicklung zeigen.

Taf. XI, Fig. 16. An diesem kleinen Stücke treten besonders deutlich Schubflächen auf, durch welche die Falten weitgehend zerstückt werden. Man müßte in diesem Falle, um die Erscheinung genau verfolgen zu können, auch die anderen fünf Querschliffe zur Abbildung bringen. Bei ihrer Betrachtung am Original geht hervor, daß man es auf der Bildfläche mit fünf durchgehenden, deutlichen Absonderungs- und Schubflächen von im allgemeinen mehr oder weniger unregelmäßig wellenförmigem Verlaufe zu tun hat, neben welchen in dem ersten deutlichen Bande auch Flächen sekundärer Art auftreten.

Mich erinnert dieses Stück sowie jenes von Fig. 8 an die Darstellung des schönen Alb. Heimischen Stückes von gefaltetem Röthidolomit mit Quartenschiefer aus dem Val Gliems in Graubünden. (Man vergl. Fig. 229, pag. 205, meines Lehrbuches II. Aufl.), an welchem ähnliche Schubflächen auftreten.

Taf. XI, Fig. 17. Ein großes Stück mit weitgehend gestörten Faltungerscheinungen, deren eingehendere Beschreibung zu weit führen würde. Das Bild wird für sich sprechen. Aufmerksam möchte ich nur machen auf die mehrfach recht deutlich zu verfolgenden durchgehenden Schubflächen. Eine davon links oben im Bilde hat einen der Sattel durchrissen und nach oben geschoben, während sie an der unteren Sattelpartie dem Mittelschenkel folgt. In der linken oberen Ecke lassen sich mehrere parallel verlaufende Schubflächen zweiter Ordnung deutlich erkennen, die eine nur geringe Erstreckung haben. Auf der rechten Seite des Bildes treten zwei solche Schubflächen mit annähernd parallelem Verlaufe auf, welche an das Bild Fig. 16 erinnern. — Die Betrachtung der übrigen angeschliffenen Querbruchflächen (das Stück hat Dimensionen von 8—10 cm) ergibt wieder die Erkenntnis, daß die Faltungerscheinungen in geringen Abständen große Verschiedenheiten aufweisen, was mich wieder zu der schon ausgesprochenen Annahme führt, daß man es dabei mit Stauchungsresultaten zu tun habe, welche sich auf wohllokalisierte Stellen in den von den Druck- und Schubäußerungen betroffenen Gesteinsmassen beschränkten.

Taf. XI, Fig. 18. Ein vereinzelt Stück aus meiner reichhaltigen Sammlung von Hirt stammt aus dem gebändert erscheinenden, im

Innern lokal kleine Stauchungen aufweisenden Quarzitphyllit, wo er an eine gefaltete Partie angrenzt (unten im Bilde). Zwei offene Überschiebungsklüfte, welche das Gestein schräg auf die Schieferungsflächen durchsetzen und später eine Quarzfüllung erhielten, treten auf. Die eine Kluff besitzt eine nur geringe Sprunghöhe, die am Original kaum 1 *mm* beträgt, während die auf der anderen Seite eine solche von etwas über 6 *mm* aufweist. Stellenweise erscheinen Merkmale, welche an Faltenüberschiebung denken lassen, durch die Umbiegungen der einander entsprechenden Quarzitlagen.

Links im Bilde setzt eine Schubfläche durch, welche die Kluffausfüllung der am linken Rande des Bildes auftretenden Kluff abgelenkt hat, was in geringerem Ausmaße auch bei dem mittleren Quarzgang angedeutet wird, während der rechtsseitige geradezu an dieser Schubfläche abstößt. Man könnte daraus an eine dieser Schubflächenbildung vorausgehende Kluffbildung und Kluffausfüllung denken. Ich halte es aber wohl für möglich, daß diese Schlußfolgerung nicht zutrifft. Betrachtet man die deutliche Schubfläche an der Grenze der Bänderung gegen die gekräuselte Quarzpartie, so zeigt sich deutlich, daß diese Schubfläche schon vor der Kluffbildung vorhanden war. Die weniger innig geschlossene Schubfläche könnte meiner Meinung nach ganz wohl eine Ablenkung der Kluffbildung zur Folge gehabt haben. Werde bei etwaigen späteren Aufsammlungen auf ähnliche Stücke ein ganz besonderes Augenmerk richten.

Taf. XI, Fig. 19. Ein besonders lehrreiches Stück, welches den Verlauf der Falten gut erkennen läßt, mit den Auszerrungen der Mittelschenkel und den sekundären Faltungen im Sattelkerne. Auf der gegenüberliegenden Seite des Stückes, das eine mittlere Breite von 7 *cm* besitzt, erkennt man an der Schlißfläche die geringe Faltenweite, da auf dieser Seite durchweg Sattelhöhen angeschliffen wurden.

Taf. XI, Fig. 20. Auch dieses Stück, ganz verschieden von dem vorhergehenden, gehört zu den interessantesten meiner Aufsammlung. Es zeigt nicht nur mehrere das Stück durchsetzende, annähernd parallele Schubflächen, so daß die einzelnen Zonen deckenartig übereinanderliegen, sondern auch zum Teil transversal verlaufende Brüche in den einzelnen Zonen mit weitgehender Zerstückung und Verschiebung der Faltenrümpfe, die stellenweise förmlich wie verzahnt ineinandergreifen, ohne daß es immer möglich wäre, die Faltelemente des einen mit jenen des anderen Faltenbruchstückes in Übereinstimmung zu bringen. An zwei Stellen erkennt man bei genauerer Betrachtung schuppenförmige Aneinanderpressung der Bruchstücke einer und derselben Gesteinslage, es sind Stellen, wo vielleicht infolge von Auflockerung Cleavageklüftung auftreten konnte.

Überblickt man die geschilderten Verhältnisse und die gegebenen Bilder, die freilich verzehnfacht werden könnten, so wird man förmlich zur Annahme einer weitgehenden „Plastizität“ des durch Druck und Schub beanspruchten Gesteines geführt, welche Annahme jedoch in einzelnen Fällen schon in den Bildern herabgemindert wird, nämlich überall dort, wo ein Ausweichen der gequälten Gesteinspartien möglich war, wie etwa bei den Figuren 5, 7 und 10, an welchen die Zer-

stückung wenigstens einzelner Lagen deutlich wird. Es führt dies zu der weiteren Annahme, daß die „Plastizität“ denn doch eine von der Natur und vom Gefüge des Gesteins in höherem Grade abhängige ist und nur dort in höherem Maße herrschend zu werden scheint, wo ein weiteres Ausweichen und Zerfall der Teile unmöglich war.

Alb. Heim hat dies schon bei den gefalteten Röthidolomiten sehr schön gezeigt. (Mechanik der Gebirgsbildung. Basel 1878. Atlas Taf. XV, Fig. 7—9. Man vergl. im Texte II., pag. 52 u. 53<sup>1)</sup>). Hier scheint mir der sprödere Dolomit fein zertrümmert, der grüne Tonschiefer dazwischen aber, wohl durch seitliche Zusammenpressung, sekundär gefaltet und bis zu „Mikrofaltenverwerfungen“ zerstückt. — Bei gewissen meiner Stücke finde ich eine Ähnlichkeit mit dem von Heim gegebenen Cleavagebilde (l. c. Fig. 11) heraus, wenngleich ich dabei an Druckwirkungen und dadurch sich ergebende Verschiebungen („Ausweichungscleavage“) nur in einem und demselben Sinne denken möchte und nicht an Verschiebungen nach zwei entgegengesetzten, etwa als gleichwertig zu denkenden Richtungen ( $\rightleftharpoons$ ). Immer dürften es — bei meinen Stücken — Verschiebungen an zerquetschten Mittelschenkeln sein, wobei die Schubweiten der einzelnen Faltenteile durch die Stauchungsvorgänge über andere weiter hinübergreifen, die letzteren aber dabei zurückblieben, beziehungsweise weniger weit vorge-schoben wurden.

Mein verehrter Freund und Kollege Hofrat Prof. Dr. Friedrich Kick war es, der in seiner Abhandlung „Die Prinzipien der mechanischen Technologie und die Festigkeitslehre“ (sie ist datiert: Prag, im Juni 1892 und findet sich in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure XXXVI, pag. 919), angeregt durch die in Albert Heims großem Werke gemachten Ausführungen und Annahmen, zu Versuchen geschritten ist. Er unterwarf unter anderen auch Marmor- und Elfenbeinscheibchen der Einwirkung der Prägestempel bis zu 4100 Atmosphären Druck und erzielte dabei selbst bei den Kalkscheiben ganz deutliche Reliefbilder. Am lehrreichsten werden die Erscheinungen bei den von ihm beschriebenen Versuchen an kleinen Marmorkugeln, die er in einer kräftigen Kupfer- oder Messinghülse, von geschmolzenem Alaun umgossen, zwischen den Platten einer hydraulischen Presse größeren Druckeinwirkungen aussetzte. Normal auf der Wirkung des Druckes erfolgte die Deformierung und wurden die Kugeln in Ellipsoide umgeformt. Bei einer kleineren Kugel gelang dies bei 12.000 *kg* Druck, bei einer größeren bei 36.000 *kg*. Kick gab nun schematische Bilder, er überließ jedoch meiner Lehrkanzel zwei der deformierten Stücke, welche so lehrreich sind, daß ich es wohl verantworten kann, wenn ich, mit seiner Erlaubnis, Abbildungen davon herstellen lasse.

Die kleinere Kugel, Taf. XI, Fig. 22, ist fast ideal schön umgeformt, bei der größeren, Taf. XI, Fig. 21, haben sich weitergehende, größere Verschiebungen vollzogen. Das Schlußresultat in beiden Fällen ist jedoch eine Zertrümmerung, ohne daß es zu einem Zerfall

<sup>1)</sup> Es ist immerhin bedauerlich, daß keine separaten Tafelerklärungen dem Atlas beigegeben wurden oder doch ganz kurze Hinweise auf den Text, da das Aufsuchen der entsprechenden Textangaben dem Leser viele Mühe verursacht.

der gepreßten Stücke gekommen wäre. Die Scheitelregionen zeigen noch die glänzende Oberfläche. Die Hauptklüfte werden in den äquatorialen Regionen sehr deutlich. Sie führten zur Entstehung von überaus zahlreichen Sprüngen in meridionaler Richtung, wobei, wie an der großen Kugel besonders deutlich wird, eine pulverige Zermalmung der an die Klüfte angrenzenden Marmorteile erfolgte. Im großen und ganzen verhielten sich sonach die Kugeln ganz analog wie die gefalteten Röhidolomite Heims. Umformung durch unzählige Klüfte bei Verhinderung des Zerfalles infolge der dem Drucke gleichmäßig nachgebenden Umhüllung. — Ähnlich so wird es sich wohl bei allen den Faltungen spröderer Materialien, also auch den Quarzkörnern des Quarzphyllits von Hirt, verhalten.

Unter dem Mikroskop, im Dünnschliff, erweist sich das Gestein in der Tat als vorwiegend aus Quarzkörnern bestehend, welche durch die auftretenden opaken, staubartig feinen Zwischenmittel geschiefert erscheinen. Nur diese letzteren lassen die Faltung erkennen. Die Quarzkörnchen sind innerhalb der dünnen, dunklen Lagen ungemein feinkörnig, viel feinkörniger als in den breiten Quarzlagen, was mir dafür zu sprechen scheint, daß diese Zwischenmittel ganz besonders dem Druck und Schub Folge leisten konnten, wobei die darin eingebetteten Quarze in ganz besonders hohem Grade der weiteren Zerkümmerung ausgesetzt wurden. Nach dem geschilderten mikroskopischen Aufschlusse wäre man bei den vorliegenden Gesteinen versucht, an ein weitgehend verändertes Sedimentgestein zu denken, welches vornehmlich aus Quarzsandkörnern mit wenig mächtigem tonigen Zwischenmittel besteht, wobei dieses letztere keine Andeutung einer Individualisierung des etwa schlammig gewesenen tonigen Materials erkennen läßt. Eine Neigung zur glimmerigen Individualisierung läßt sich nur auf den Spaltungsflächen des Gesteins betrachten, und zwar vornehmlich auf solchen, welche als Schubflächen gedeutet werden können. Dem Aussehen solcher Flächen, welche hier und da auch Cleavageerscheinungen zeigen, entsprach meine frühere Bezeichnung des Gesteins als „Quarzphyllit“, welche Benennung auch durch den Umstand bedingt wurde, daß diese gefalteten Gesteine in einer Gebirgszone gelegen sind, welche als „Phyllit“ bezeichnet zu werden verdient, wobei die Gesteine zum großen Teil auch den Charakter von Glimmerphylliten annehmen und Übergänge in förmliche Glimmerschiefer wahrscheinlich machen. — Ich ziehe es vor, die gefalteten Gesteine nun als Quarzphyllite zu bezeichnen.

Albrecht Heim versuchte es in seinem großen Werke (I. c. I, pag. 220 ff.), eine Theorie der liegenden Falten zu entwickeln. Von dem Tangentialschube wurden drei verschiedene Arten liegender Falten abgeleitet. Der erste Vorgang wird durch das Profil III illustriert, durch die jetzt ganz anders gedeutete „Rückfaltung“ an der großen Windgälle, könnte sonach außer Betracht bleiben, er sollte ohne weitere Beanspruchung (Auszerrung, Auswalzung) des Mittelschenkels erfolgen. Der zweite Fall unterscheidet sich vom ersten durch die Beanspruchung des Mittelschenkels, welcher einer Auszerrung, „Auswalzung“ unterworfen wird (Heim denkt an „Stellungsveränderungen der Teile bis zu den Atomen“), wenn er nicht zerfetzt

wird, so daß stellenweise Gewölbe- und Muldenkern sich unmittelbar berühren können. Teile der „Seitenschenkel“ werden zur Ernährung des Mittelschenkels in die „Auswalzung“ einbezogen. Im dritten Falle wird der Mittelschenkel zu einer Verschiebungsfäche.

Im II. Bande werden die mechanischen Gesteinsumformungen bei der Gebirgsbildung ausführlicher behandelt (pag. 3—99). Dabei kommt Heim auf die Gesetze, 16 an der Zahl, zu sprechen, welche den Faltungerscheinungen, „Umformungen“ der Gesteine zugrunde liegen, solchen mit Bruch und solchen ohne Bruch, wobei auch die Vorgänge bei inmitten beanspruchter Gesteine in der Tiefe gelegener Umformungen und Faltungen erörtert werden. Die in den vorliegenden Beispielen aus den Gesteinen von Hirt auftretenden Erscheinungen werden sich mit den von Heim angeführten Gesetzen in Vergleich bringen lassen.

Die sogenannten Umformungen ohne Bruch dürften meiner Meinung nach zu den selteneren Erscheinungen gehören und nur bei wirklich gemein plastischen Materialien auftreten. Bei den Gesteinen von Hirt, und nur diese habe ich bei den weiteren Ausführungen im Auge, könnte man nur bei den dünnen Lagen toniger Natur daran denken. Die vorherrschenden quarzigen Materialien, so sehr sie sich auch den ersteren anschmiegen, haben gewiß nur Verschiebungen erlitten und haben, wenn auf Zug oder Druck übermäßig beansprucht, mit Bruch und Zertrümmerung geantwortet, größere Körner wurden in kleinere zerstückt und nur die innige Einschließung hat den Auseinanderfall verhindert. — (1. <sup>1</sup>) Die verschiedenen Arten der Umformung derselben Gesteine durch Zerstückung oder (scheinbar) ohne Bruch werden durch lokale Verschiedenheiten in den beanspruchten Gesteinspartien bedingt, soweit diese ein Ausweichen ermöglichten oder nicht. (2. 3. 4.) — Die ausgezerrten Schenkel bezeichnen die Tendenz zur Herausbildung von Trennungs- und Schubflächen, sie lassen auf die Richtung des Schubes in der beanspruchten Masse schließen. (5.) — Die Verdickung an den Umbiegungsstellen wird wohl auf die Stauchung und auf Trennung der Teile („Gefügelockerung“) zurückzuführen sein. (6.) — Die „Ausweichungscleavage“ ist auf dieselbe Tendenz zur Trennung zurückzuführen, wie sie bei ansehnlicheren Falten auftritt. (7.) — Die Erscheinung der Transversalschieferung ist bei den Hirt'schen Stücken nicht zu beobachten, es müßten denn die Stellen, wo es zu Schuppenbildungsandeutungen kam, daran denken lassen. (8. 9.) — (10. 11. bleiben in meinen Fällen außer Betracht.) Von Cleavageerscheinungen, außer den die Schieferung bedingenden Schubflächen bieten nur die sekundären Faltungen an den Stauchungsstellen eine Andeutung. (12. 13. 14.)

Daß die Faltungs-, Streckungs- und Stauchungserscheinungen tief unter der vormaligen Gebirgsoberfläche erfolgten, erscheint mir zweifellos (15. 16.), es war die erste Schlußfolgerung, die sich mir aufdrängte, ohne daß ich das etwa Rätselhafte dieser inneren Faltung mir hätte augenfällig und vollbefriedigend erklären können.

<sup>1</sup>) Die in Klammern gesetzten Zahlen beziehen sich auf die Heimschen „Gesetze“.

Es geht mir dabei bei der Gruppe kleiner Erscheinungen ähnlich so, wie den Schubdeckentektonikern bei ihren großen Problemen. Die kleinen Erscheinungen sind, alle Zweifel ausschließend, vorhanden, von Schenkel zu Schenkel zu verfolgen und trotzdem steht man mit ihnen wie vor einem Rätsel. Inmitten von Gesteinsmassen, ursprünglich tief innen in der „Kruste“, und doch in Falten gelegt, die eine Bildungsmöglichkeit zweifellos machen! Der anzunehmende lastende Druck muß überwunden worden sein, um die Faltung zu ermöglichen, er wurde aber dann siegreich und legte die Falten so, daß ihre Schenkel sich im extremsten Falle fast vollkommen parallel legten, was von Auswalzung hier, von Zertrümmerung dort, aber beides auch in größtmöglicher Annäherung der Verschiedenheiten in den Erscheinungen, begleitet war. Das Rätselhafte bleibt für mich der sich bei der inneren Faltung abspielende Vorgang. Gerade von der Ermöglichung, sozusagen der Einleitung des Vorganges, ist in Heims „Gesetzen“ und in der resultierenden „Theorie der bruchlosen Umformung der Gesteine“ eigentlich keine Rede. (Man vergl.: Über die Stauung und Faltung der Erdrinde. Kurze Zusammenfassung. Basel 1878, pag. 33.)

Die Hoffnungslosigkeit, derartige Erscheinungen durch Rechnung und entsprechende Versuche nachzuahmen und dadurch zu befriedigenden Erklärungen zu gelangen, hat niemand eindringlicher dargetan als Alb. Heim in seinen Erwiderungen auf die von Fr. Pfaff und F. M. Stappf ausgeführten Rechnungen und Versuche. (Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1880, pag. 262 ff.) „Die einzigen Experimente“, von denen Heim meint, daß sie zum Ziele führen könnten, hat er (l. c. 276) nicht näher angedeutet und nur das für ihn Unerschwingliche derselben betont. Ich fürchte, Heim würde an Stelle der „Experimental-Spielzeuge“, die er Pfaff vorwirft, nur ein großes Spielzeug, eine Art Riesenspielzeug, haben setzen können.

Es bleibt uns auch heute, nach 30 Jahren, nichts übrig, als zu trachten, „das große Experiment der Natur richtig zu lesen und zu deuten“ (l. c. pag. 285). Mit dem Lesen geht es ja noch erträglich, aber das „Deuten“ liegt noch immer im argen, da es nur hypothetisch, spekulativ geleistet werden kann und mehr weniger unbefriedigende Phantasiearbeit liefert, da ja alle zu machenden Annahmen, jede für sich, wieder in Frage stehen. Aus diesem Grunde beschränke ich mich auch in den gegebenen Ausführungen auf das „Lesen“. Schon diese Leseübung bereitet aber Schwierigkeiten genug, weil die verschiedensten Erscheinungen so überaus verwickelt sind.

**Bemerkung zu den Tafeln X und XI.**

Alle Falten sind mit ihren Schenkeln annähernd horizontal liegend zu betrachten. Die Stellung auf den Tafeln ist anders gewählt worden, um alle Figuren auf zwei Tafeln unterzubringen. Überall, wo in der Beschreibung von Mulden und Sätteln (Synklinalen und Antiklinalen) gesprochen wird, bezieht sich dies nur auf die gewählte Aufstellung des Bildes. In Wirklichkeit ist bei der annähernd horizontalen Lage der Schenkel kaum zu sagen, was man als Mulde und was als Sattel bezeichnen dürfe.

Alle Figuren auf der Tafel XI sind nach etwas verkleinerten photographischen Aufnahmen hergestellt, welche Herr Ingenieur Beyer im photographischen Laboratorium des elektrotechnischen Instituts der k. k. technischen Hochschule, mit großer Hingabe an die Sache, ausgeführt hat, wofür ich ihm zu vielem Danke mich verpflichtet fühle. Die Bilder sind durchweg auf zirka 0'65 verkleinert worden.

---



