

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEM

NEUEN JAHRBUCH

FÜR MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE.

**Festband 1907.**

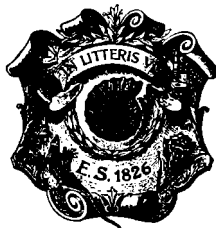
(S. 330—347.)

## Ueber Gesteinsverknüetungen.

Von

**G. Steinmann** in Bonn.

Mit 2 Tafeln.



Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele).

1907.

# Ueber Gesteinsverknetungen.

Von

**G. Steinmann** in Bonn.

Mit Taf. XVII, XVIII.

---

Bekanntlich wiederholen sich die verschiedenen Arten der Dislokationen, die wir an größeren Gesteinskomplexen beobachten, im kleinen in den einzelnen Gesteinslagen. Faltungen, Brüche und Überschiebungen, Ausquetschungen und Verdickungen lassen sich häufig am Handstück, ja bis zu mikroskopischem Ausmaß am Gesteinsschliff verfolgen. Was wir hier im kleinen oft mit überraschender Klarheit feststellen, ist aber wichtig für das Verständnis der Dislokationen im großen, weil diese wegen Mangels geeigneter Aufschlüsse häufig viel weniger klar bis in die Einzelheiten übersehen werden können als die kleinen Gesteinsverlagerungen im Handstück, die man mit Hilfe von Schnitten oder Schnittserien in denkbar vollständigster Weise sichtbar machen kann.

Als ein typisches und klassisches Beispiel von Gesteinsverknetung gilt mit Recht der bekannte Lochseitenkalk. Er ist nach ESCHER und HEIM ausgewalzter und verkneteter Hochgebirgskalk; seine obersten Lagen enthalten, wie HEIM richtig vermerkt hat, hier und dort Rötidolomit mit eingeschlossen, der sich schon durch seine gelbliche Verwitte-

rungsrinde zu erkennen gibt. SCHMIDT's Analysen<sup>1</sup> ergaben daher auch in einzelnen Fällen einen Magnesiumgehalt, der fast für einen Normaldolomit hinreichen würde. Allein wenn man dem klaren geologischen Befund zufolge den Lochseitenkalk „mit seiner sehnigwelligen, verworrenen Knetstruktur oder seinem einer Fluidalstruktur ähnlichen Clivage“ mit HEIM<sup>2</sup> als mechanisch veränderten Malmkalk deutet, so bleibt doch die Entstehung dieser seiner Struktur noch recht rätselhaft. Denn wo man sonst Kalkstein unter ähnlichen mechanischen Verhältnissen in den Alpen findet, d. h. an Stellen, wo er ebenfalls stark ausgedünnt und zweifellos erhebliche Strecken gewandert ist, besitzt er eine derartig gewundene, gekröseartige Struktur gewöhnlich nicht, sondern er ist in der Regel nur geschiefert oder gefaltet, und wenn ein kräftiger Umwandlungsprozeß eingesetzt hat, salinisch marmorisiert oder in Cipollin verwandelt. Es müssen also wohl noch besondere Umstände mitgewirkt haben, die dem Lochseitenkalk seine eigenartige Beschaffenheit verliehen haben. Denn die „zackige Verknüchtung“ zwischen dem liegenden Flysch und dem hangenden Malmkalk, die nach HEIM auch von anderen Beobachtern festgestellt ist, reicht allein doch nicht hin, die Knetstruktur in einem an und für sich spröden Kalkstein zu erklären.

Mir ist die Struktur des Lochseitenkalks erst verständlich geworden, als ich ein ähnliches, aber viel weniger verändertes Gebilde an einer kleinen Überschiebung in der Gegend von Iberg beobachtet hatte. Dort ist, wie QUEREAU<sup>3</sup> gezeigt hat,

---

Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. 25. Liefg. 1891. Anhang. p. 1.

<sup>2</sup> Ebenda. p. 176.

QUEREAU, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Liefg. 33. 1893, erwähnt sie als eine kleine Verwerfung zwischen Seewenkalk und Seewenmergel bei der kleinen Brücke, „wo die zwei Gesteinsarten auch etwas ineinander geknetet sind“. Der Seewenmergel besitzt hier durchaus flyschartigen Charakter, d. h. er ist ein feinsandiger Schiefertone, wie er im Oligocänflysch häufig auftritt. Ich bezeichne ihn im nachfolgenden daher der Einfachheit halber als „Flysch“.

die helvetische Unterlage der Klippe des Roggenstocks, die Drüsbergdecke, wie wir jetzt präziser sagen, nur von schwachen Störungen betroffen worden. Im besonderen werden auf der Westseite dieses Berges in dem Taleinschnitte des Käswaldtobels nur zwei kleine Störungen in den dort aufgeschlossenen Schichten der Kreide und des Alttertiärs sichtbar. Die eine derselben liegt in der Höhe von etwas über 1200 m oberhalb von „Schrot“ und „Grät“; sie drängt sich bei Begehung des Tobels von unten her sofort auf, da der Bach hier einen kleinen Wasserfall bildet. Der Bach stürzt über flach SW. fallenden Seewenkalk etwa 2,5 m tief auf weichen Flysch hinunter, und unter dem firstartig vorspringenden Kalk hat das Wasser den weicheren Flysch in der Form einer seichten Hohlkehle erodiert. Hier sieht man zwischen den tiefsten Lagen des normalen Seewenkalks und den höchsten Lagen des überschobenen Flyschs eine Zwischenbildung eingeschaltet, die etwa 1 m Mächtigkeit erreicht: ein Gemisch von Seewenkalk und Flysch. Die beiden ihrer Zusammensetzung und Härte nach so verschiedenartigen Gesteine sind stellenweise aufs innigste miteinander verknüetet, und zwar im allgemeinen derart, daß unten der Flysch vorherrscht und nur einzelne Brocken und Lagen von Seewenkalk darin stecken, während oben dünne, flaserartige Züge von Flysch sich in den Seewenkalk eingezwängt haben. In der Mitte finden sich beide Gesteinsarten etwa in gleicher Menge gemischt. Bemerkenswert ist nun die Art und Weise, wie sie sich gegenseitig durchdrungen haben.

In den tieferen Lagen der Mischzone liegen einzelne Brocken von Seewenkalk ganz isoliert im Flysch. Sie sind nicht eckig, sondern meist brotlaibartig gerundet und auf der Oberfläche mit Rutschflächen und -streifen bedeckt. Im Innern zeigen sie keinerlei Veränderung, im besonderen keinerlei Deformation. Auch im tieferen Teile der mittleren Lage trifft man noch solche isolierte Knollen, aber sie bestehen hier meist

nicht mehr aus Seewenkalk allein, sondern der Flysch ist in die Kalkknollen in verschiedenartiger Form eingedrungen. Ehe ich aber zur Schilderung dieser Mischgesteine übergehe, will ich über die Unterscheidung der beiden Gesteinsarten folgendes vorausschicken.

Der Seewenkalk gleicht in seiner Beschaffenheit einem harten, grauweißlichen Plänerkalke. Er besitzt einen geringen Tongehalt, der sich höchstens auf den Schichtflächen anreichert. Infolgedessen erscheinen diese im Anschliff als dünne, hellgraue Streifen (auf den Zeichnungen sind sie punktiert dargestellt und mit t bezeichnet).

Der Flysch erscheint dunkelgrau bis schwarz; von ganz seltenen Ausnahmen abgesehen kann man ihn auch in dünnen Lagen ohne weiteres vom Seewenkalk, auch von dessen tonreicheren Partien unterscheiden. Im Dünnschliff gelingt dies ganz leicht, da der Seewenkalk durch und durch mit Foraminiferen, im besonderen mit *Pithonella ovalis* HEER sp. gespickt, der Flysch dagegen gänzlich fossilfrei und reich an feinen Quarzkörnern ist. (Auf den Zeichnungen ist der Flysch vollschwarz zur Darstellung gelangt.) Neubildungen von Kalkspat, hellweiß erscheinend und im durchfallenden Lichte klar im Gegensatz zu dem opaken Seewenkalk, begleiten den deformierten Seewenkalk in der Form von blattartigen Ausscheidungen, die häufig mit der Schichtung des Kalks parallel oder konzentrisch laufen. (Auf den Zeichnungen ist der Kalkspat weiß gelassen; entfernte Kreuzstriche sollen seine Spaltrisse andeuten.)

Betrachten wir nun nach dieser unvermeidlichen Abschweifung einige Blendlingsstücke von Kalkstein und Ton<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ich will ausdrücklich bemerken, daß alle hier abgebildeten Stücke im Flysch eingebettet lagen, also rings von diesem eingehüllt zu denken sind. Ich habe diese Flyschhülle aber nicht zeichnen lassen, weil beim Herauslösen aus dem Anstehenden auch schalenartige Stücke der Kalkknollen abblätterten. Nur wo der Flysch den Kalkknollen noch ursprünglich anhaftet, ist er auf den Figuren ausgezeichnet.

Fig. 2 zeigt im Querschnitt ein Kalkstück von brotlaibartiger Gestalt, das rings von Flysch umgeben und in das der Flysch auf einer Seite eingedrungen ist. Man sieht an dem gewundenen Verlaufe der tonreichen Schichtflächen des Seewenkalks (t), daß eine ursprünglich plattenartig zu denkende Kalksteinlage auf sich selbst zurückgebogen ist und dabei noch einmal einen mittleren Sattel gebildet hat, so daß der Flysch in zwei Mulden eingedrungen ist. Dabei hat er sich vorzugsweise in die Schichtfugen des Kalks hineingeschoben, so daß stellenweise ziemlich regelmäßige Wechsellagerungen von Kalk und Ton entstanden sind. Aber die Deformation des Kalks ist keineswegs ganz bruchlos vor sich gegangen: Querrisse ( $r'$ ) häufen sich an manchen Stellen und Flyschmaterial ist in sie eingepreßt worden; vorübergehend haben Ablösungsflächen geklafft, so daß sich breite Kalkspatblätter ausscheiden konnten.

Schon an diesem verhältnismäßig einfach struierten Stücke sind fast alle die Vorgänge zu beobachten, die dem viel verwickelteren Bau anderer Stücke, wie ich sie in den Fig. 1, 3, 4, 5, 6 habe wiedergeben lassen, zugrunde liegen.

Fig. 3 zeigt eine innigere Verknüetung der beiden Materialien, verbunden mit reichlicherer Ausscheidung von Kalkspat. Besonders deutlich tritt an diesem Stücke das Eindringen des Flyschs in die Schichtfugen und in die zahlreichen Querrisse zutage, das zu einer sehr innigen Vermischung und Durchdringung beider Gesteine führt. Bei  $\pi$  ist ein Pyritkristall zertrümmert worden; seine eckigen Bruchstücke sind ganz von Flysch eingehüllt. So tritt der Unterschied zwischen dem nach Schichtfugen teilbaren Kalke und dem spröden Erz hervor.

Fig. 1 ist ein keilförmiges Kalkstück, an der breiten Vorderseite (A) und an den beiden zugeschärften Seiten (B und C) angeschliffen. Betrachtet man die Vorderseite (A) nur oberflächlich,

so meint man ein fein geschichtetes Gestein vor sich zu haben, das aus Lagen von Kalk und Ton in primärer Wechsellagerung besteht. Dennoch sind Kalk und Ton nur miteinander verknüetet, wovon man sich durch Betrachtung der Seitenflächen (B, C) leicht überzeugt. Hier sieht man, wie die einzelnen Kalk- und Tonlagen gegen die Kante des Keils zu sich verschmälern und z. T. zusammenfließen; die ganze verwickelte Erscheinung erklärt sich einfach als eine Folge des Ineinanderfaltens der beiden Materialien. Auch hier ist der Kalk hauptsächlich den tonigen Schichtfugen (t) entsprechend aufgeblättert und von Flysch injiziert worden, und dabei ist eine flaserige Wechsellagerung beider im großen wie im kleinen zustande gekommen. In der Lage a sieht man zahlreiche schuppige Fetzen des Kalks in dem vorherrschenden Ton eingebettet, in der Lage b einen größeren gerundeten Kalkbrocken mitten im Ton. Eine augengneisartige Struktur ist in der Lage c entstanden, indem mehrfach Stücke des Kalks linsenförmig ausgezogen sind. In d hat sich der Flysch in feinen Strähnen zwischen den Kalk eingeschoben. Querrisse (r) durchsetzen an einigen Stellen eine geschlossene Kalklage, ohne mit Flysch erfüllt zu sein, zackige Verschiebungsflächen (x, y, z) sind offenbar später entstanden als die Durchdringung der beiden Gesteinsarten, denn sie setzen durch zahlreiche Wechsellagen von Kalk und Flysch hindurch und Flyschmaterial fehlt darin.

Die Fig. 4 und 5 veranschaulichen noch weitere Abänderungen der gegenseitigen Durchdringung; in Fig. 4 beobachtet man eine örtliche Häufung feiner, mit Flysch erfüllter Querrisse (r'), in Fig. 5 sind die langen, dünnen, gewundenen Flyschapophysen im Kalk bemerkenswert.

Erst die mikroskopische Untersuchung zeigt, wie innig beide Gesteine in Wirklichkeit vermengt sind. Hierbei ergibt sich, daß Lagen, die dem unbewaffneten Auge einheit-

lich zusammengesetzt erscheinen, manchmal tatsäclich noch aus einem Gemenge von Kalk und Flysch bestehen, so die dunkle Flyschlage, welche die Mitte von Fig. 6 (in 20facher Vergrößerung gezeichnet) durchzieht. Diese Lage ist ausgesprochen fluidal struiert, indem zahlreiche wellige oder gewundene Kalkfetzen, deren Dicke bis auf 0,01 mm herabsinken kann, angenähert parallel im Flysch verteilt liegen; dazwischen finden sich aber auch kleinste Bröckchen von gerundet-polygonalem Umriß in großer Menge, z. T. aber noch von der Größe einer *Pithonella*-Schale oder auch darunter. Auch die in den Kalk eingedrungenen Lagen von Flysch, wie sie an der Grenze des erwähnten Flyschbandes gegen den darüber liegenden Seewenkalk zu sehen sind, werden stellenweise so dünn, daß sie ohne Übertreibung in der Zeichnung kaum richtig durch eine einfache Linie wiedergegeben werden können. Im mikroskopischen Bilde wird die Unterscheidung zwischen Seewenkalk und Flysch durch den erwähnten Reichtum des Kalks an mikroskopischen Foraminiferen und das vollständige Fehlen von organischen Resten im Flysch sehr erleichtert.

Versuchen wir uns nun an der Hand der mitgeteilten Tatsäcchen die Vorgänge zu verdeutlichen, die bei der Entstehung dieser merkwürdigen Mischgesteine Platz gegriffen haben. Ein kaum geneigter Komplex von dichtem, schwach tonhaltigem Kalkstein mit welliger bis linsenförmiger Schichtung ist über einen fast schwebenden Komplex von weichem, dünnschichtigem, schwach schieferigem, feinsändigem Ton hingewegeschoben worden. Dabei haben sich die beiden Gesteinsarten wechselseitig durchdrungen. Dieses Durchdringen scheint in erster Linie auf einer Zerteilung des Kalks in  $\pm$  dicke, getrennte Platten und Linsen nach den ursprünglichen Schichtfugen zu beruhen, wodurch das weiche Flyschmaterial zwischen die Platten und Linsen eindringen und diese teilweise oder



ganz einwickeln konnte. So wurden vielfach linsenförmige Kalkstücke ganz aus ihrem Verbands gelöst und dem Flysch einverleibt. Sie stecken als Fremdlinge darin, wie die größeren exotischen Blöcke, die bei der Überschiebung der Klippen- decke über die Drusbergdecke von der Basis der ersteren abgelöst wurden.

Die teilweise oder ganz aus ihrem Zusammenhange gelösten Kalkbrocken haben weiterhin vielfach eine Faltung oder Stauchung erlitten, die an dem gewundenen Verlaufe der tonreicheren Schichtflächen verfolgt werden kann. Von einfacher Faltung (Fig. 2) geht sie bis zu wirrer, gekrümmter Stauchung (Fig. 5). Stets läßt sich dabei verfolgen, wie der Flysch entsprechend den muldenartigen Verbiegungen des Kalks in diesen eingedrungen ist, so daß die sich verbiegenden Kalkmassen stets allseitig von Ton umgeben waren. Diese Tatsache erscheint mir besonders deshalb wichtig, weil sie die bruchlose Faltung und Verschiebung innerhalb des Kalks verständlich macht. Man kann diesen Vorgang passend in Vergleich stellen mit der bruchlosen Deformation, die starre Körper wie Belemniten erfahren, wenn sie, rings in eine weiche Masse wie Blei eingehüllt, durch eine enge Öffnung gepreßt werden (DAUBRÉE). In beiden Fällen verhindert eben die allseitige Umhüllung durch weiches plastisches Material den Bruch und gestattet eine Verschiebung ohne Unterbrechung des Zusammenhangs. Denn die Schiffe unseres Mischgesteins zeigen deutlich, daß selbst dort, wo flaserige und gewundene Lagen von Kalk mit solchen von Flysch wechseln und wo dieser buchtenartig tief in den Kalk eindringt, der Zusammenhang im Kalk nicht merklich gestört worden ist: die Schnitte der *Pithonella* sind fast niemals deformiert. Eine Streckung der Foraminiferenschalen ist vielmehr nur an vereinzelter, besonders in Anspruch genommenen Stellen, die in der nächsten Nähe von mit Kalkspat gefüllten Rissen liegen, wahr-

zunehmen, und zwar in derselben Weise, wie sie A. HEIM jun. an dem Seewenkalk des Säntis als „Fluidaltextur“ beschrieben hat<sup>1</sup>. Schon makroskopisch kann man erkennen, daß trotz intensiver Stauchung des Kalks eine Zertrümmerung nicht Platz gegriffen hat, denn die mehrfach im Gestein erkennbaren Bruchstücke von Inoceramen-Schalen (Fig. 1 i, 5 i) sind in keiner Weise deformiert und ihre Kalkspatprismen sind im Zusammenhang geblieben.

Die außerordentlich innige Vermischung von Kalk und Ton, die stellenweise bis ins kleinste gehende gegenseitige Durchdringung beider ist aber im wesentlichen dadurch zustande gekommen, daß der Kalk nicht nur nach den ursprünglichen Schichtfugen, sondern nach zahlreichen kleineren damit ungefähr parallel laufenden Flächen, die anscheinend nicht im Gestein vorgebildet waren, zerspalten, geradezu aufgeblättert ist (Fig. 1, 3, 4, 6) und daß die dabei entstandenen Lamellen teils durch richtige Quersprünge (Fig. 3, 4), teils durch flach gegen die Schichtung geneigt verlaufende und mit den Längsbrüchen anastomosierende Bruchflächen in linsen- oder keilförmige Flasern zerdrückt worden sind. Die so entstandenen, nach den verschiedensten Richtungen verlaufenden Spalten sind fast durchgängig mit Ton erfüllt worden. Abgespaltene Stücke des Kalks bis zu minimaler Größe hinab sind sodann im Ton weitergewälzt und dabei zumeist abgerundet worden, ähnlich wie die größeren brotlaibförmigen Stücke, die in den tieferen Teilen der Mischzone isoliert im Flysch stecken. Aber auch diese kleinsten Flasern und Bröckchen haben in ihrer Masse keine weitere Deformation erfahren.

Wenn nun an dem verkneteten Kalk außer den erwähnten Veränderungen (Zerspaltung, Zertrümmerung, bruchlose Biegung und Ausdünnung) keine tiefgreifende Umwandlung, im

---

<sup>1</sup> Der westliche Teil des Säntisgebirges. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. 16. II. Teil. 1905. p. 469, 470. Taf. 41 Fig. 2, 3, 4.

besonderen keine Marmorisierung bemerkbar ist, an dem Flysch nur ein Wandern und ein Eindringen in die sich bildenden Klüfte des Kalks, hier und dort (wie in Fig. 6) eine schwache Transversalschieferung erkennbar wird, so ist doch zweifellos Kalkcarbonat bei dem Verknüftungsvorgange gelöst und wieder abgesetzt worden. Das beweisen die an keinem Stück fehlenden Calcitblätter, die in verschiedenen Richtungen, besonders häufig konzentrisch mit den Kalk-Flyschlagen verlaufen (Fig. 1 B, 1 C). Ihr Vorhandensein erfordert die Annahme, daß nicht unerhebliche Mengen von Kalkcarbonat jedenfalls an Stellen starker mechanischer Beanspruchung gelöst und auf Hohlräumen, die gleichzeitig an anderen Stellen entstanden, wieder abgesetzt sind. Sind diese Carbonatlösungen etwa in der Masse des bruchlos gebogenen Kalks durch innere Reibung entstanden und hat ihre Bildung die bruchlose Verschiebung im Kalke erleichtert oder haben sie sich nur an der Oberfläche der Kalklagen und der abgerundeten Kalkbrocken und -bröckchen gebildet, dort, wo die Reibung zwischen Kalk und Flysch am stärksten war, und wo die längsstreifigen Rutschflächen auf der Oberfläche des Kalks auch bezeugen, daß eine besonders starke Reibung Platz gegriffen hat? Ich wage diese Fragen an dem vorliegenden Material nicht zu entscheiden, neige aber der Ansicht zu, daß der erste Fall mir möglich, der zweite mir sicher zu sein scheint. Es wäre natürlich auch noch die Möglichkeit ins Auge zu fassen, daß ein Teil der feinen tonigen Lagen im Seewenkalk, die ich als Flyschmaterial gedeutet habe und dementsprechend habe zeichnen lassen, Lösungsreste des Kalks, Entmischungshäute im Sinne A. HEIM's jun., sind. Diese Deutung kann aber wohl nur auf die allerfeinsten dieser Tonlagen angewendet werden, die als Fortsetzung der primären Tonlagen des Gesteins erscheinen (wie in Fig. 4t') und die nicht mit Sicherheit als feinste Apophysen der eingedrungenen Flyschlagen

nachzuweisen sind. Trifft dies zu, dann würde der Lösungsvorgang sich z. T. genau ebenso abgespielt haben, wie bei dem normal verquetschten Seewenkalk im Säntisgebirge.

Denken wir uns nun den Walzprozeß, der bei Entstehung einer kleinen Überschiebung zur Bildung des beschriebenen Mischgesteins geführt hat, weiter fortgesetzt, so werden die beiden Materialien noch weiter miteinander verknüetet werden, und die Gesamtstruktur wird dabei immer verworrener und verwickelter werden müssen. Schließlich wird ein Gestein von der Struktur des Lochseitenkalks resultieren, das sich nur durch den hohen Grad der Verwicklung seiner Struktur und durch schwach angedeutete Marmorisierung unterscheidet. Daß auch der typische Lochseitenkalk mit seiner verworren streifigen Struktur einen nicht unerheblichen Teil von Tonsubstanz sekundär aufgenommen hat, geht ja schon aus der Analyse SCHMIDT's (l. c. p. 1) deutlich genug hervor. Denn die tonreichsten Abarten des normalen Hochgebirgskalks enthalten nur etwa 4 % in HCl unlöslicher Substanz gegenüber 8,5 des untersuchten Lochseitenkalks. Und wenn FR. PFAFF<sup>1</sup> in einer Probe über 46 % unlösliche Substanz gefunden hat, so entspricht das durchaus dem geologischen Befunde, wozu eben der Lochseitenkalk nicht als einfaches unvermischtes Gestein bezeichnet werden kann, sondern, wie PFAFF richtig betont hat, ein Mischgestein aus verknüetetem Flysch und Kalkstein (Hochgebirgskalk) ist, und zwar wie unser Mischgestein mit örtlich wechselndem Verhältnis der beiden Bestandteile. Bemerkt ja doch auch SCHMIDT (l. c.) zutreffend, daß in den tiefsten Lagen häufig eine innige Verknüetzung von Kalk und Flysch beobachtet wird. So dürfte denn bei der augenfälligen Übereinstimmung des Mischgesteins von Iberg mit dem Lochseitenkalk die PFAFF'sche Ansicht

zu Recht bestehen, wonach dieses Gestein nicht einfach als mechanisch reduzierter Hochgebirgskalk, sondern als ein Gemisch von Kalk und Flysch zu bezeichnen ist. Eine vollständige Übereinstimmung mit dem Iberger Vorkommnis besteht auch insofern, als die höchsten Lagen der Mischungszone ziemlich reiner Kalk (beim Lochseitenkalk Rötidolomit) sind, und nach unten zu der Anteil beigemengten Tones im allgemeinen immer mehr zunimmt, bis man in den reinen Ton gelangt. So weit aber im Lochseitenkalk die Knetstruktur entwickelt ist, so weit dürften eben auch andere Horizonte als kalkige (Hochgebirgskalk und Rötidolomit), nämlich tonige, darin enthalten sein. Wir brauchen dabei ja auch nicht allein an den überschobenen Flysch zu denken, der für die liegenden tonreichen Partien in erster Linie in Frage kommt, wahrscheinlich sind auch andere mehr oder weniger tonige Horizonte mit darin enthalten, nämlich Lias—Dogger als ausgewalzte Mittelglieder zwischen Trias und Hochgebirgskalk; weniger wahrscheinlich, wenn auch keineswegs grundsätzlich ausgeschlossen, ist die Beteiligung von Kreidesteinen als Mittelglieder zwischen Malm und Flysch. Aber wer will solche ähnliche Tonhorizonte in der dünnen Mischlage des Lochseitenkalks mit Sicherheit auseinanderlesen?

Schließlich will ich noch hervorheben, daß meiner Ansicht nach weder die Struktur des Iberger Mischgesteins noch die des Lochseitenkalks zu der Annahme berechtigen, daß sich diese Gesteinsmassen in einem durch ungeheuren Druck hervorgerufenen latent-plastischen Zustande befunden hätten. Für diese Vorstellung habe ich bisher überhaupt weder an sedimentären noch an kristallinen Gesteinen Anhaltspunkte entdecken können.

In den letzten Jahren sind aus den Alpen Gesteinsvermischungen ähnlicher Art z. T. auch an härteren Gesteinen beobachtet worden und auf diese möchte ich im Anschluß

an die hier besprochenen noch kurz hinweisen. SCHILLER<sup>1</sup> fand bei der Richardsbank im nördlichen Scarltal bei Schuls an einer Überschiebung Brocken von (? liassischem) Crinoidenkalk und von Gneis in den Bündner Schiefer derart eingepreßt, daß eine schmale Zone eines förmlichen Mischgesteins aus diesen Gesteinen entstanden war. ZOEPPRITZ<sup>2</sup> war in der Lage, „Dislokationsbreccien“ aus verschiedenen Gesteinsarten im Oberengadin unter Verhältnissen zu studieren, die ihre Bildungsweise außer Zweifel stellen. Aus seinen Untersuchungen geht hervor, daß mehr oder weniger weiche Gesteine, wie Liasschiefer, Aptychenmergel und rote Globigerinenmergel sich gegenüber harten Gesteinen, wie kristalline Schiefer und Verrucano, ähnlich verhalten, wie in unserem Falle der Flysch gegenüber dem Seewenkalk, d. h. sie enthalten eckige oder gerundete Bruchstücke der härteren Gesteine eingebettet, wobei sie selbst die Rolle der gleitenden oder fließenden Grundmasse übernommen haben. Es sind auf diese Weise ganz ähnlich innige Verknüchtungen entstanden, wie zwischen Flysch und Kreidekalk bei Iberg. Wo aber zwei harte Gesteinsarten ineinandergepreßt wurden, z. B. Dolomit und Verrucano, da ist an Stelle des verknüchteten Gesteins eine richtige Dislokationsbreccie zur Ausbildung gelangt, die dadurch bezeichnet wird, daß die beiden Gesteine zu einem bunten Gemisch aus verschieden großen Brocken von mehr oder weniger eckigem Umriß und aus feinem Gesteinsgrus verarbeitet wurden.

Es besteht nun eine augenfällige Übereinstimmung zwischen diesen Gesteinsvermengungen, die sich zumeist nur in einem Bereiche von wenigen Metern an kleinen, aber tek-

---

<sup>1</sup> Geologische Untersuchungen im östlichen Unterengadin. I. Ber. nat. Ges. Freiburg. 14. 1903. p. 66.

<sup>2</sup> Geologische Untersuchungen im Oberengadin. Ebenda. 16. 1906. p. 223.

tonisch noch nachweisbaren Überschiebungen oder an Überfaltungen vollziehen, die mit Ausquetschung oder Auswalgung verbunden sind, und den Erscheinungen, wie sie an den Grenzen der durch wiederholte Überschiebung oder Überfaltung übereinander geschichteten Decken der Alpen im großen beobachtet worden sind. Schon die ersten genauen Untersuchungen der nordschweizer Klippen und der damit verknüpften exotischen Blöcke haben ergeben, daß die verschiedenartigsten harten Gesteine kristalliner oder sedimentärer Natur als eckige oder gerundete Blöcke mitten in der weichen Flyschunterlage stecken, ohne daß diese Gesteine zumeist stark hervortretende Spuren mechanischer Beeinflussung aufweisen. Trotzdem sie, wie wir jetzt zu wissen glauben, einen weiten Transport erfahren haben, sind sie doch gewöhnlich vor starken mechanischen Veränderungen durch die weiche plastische Beschaffenheit der Grundmasse, in die sie hineingerieten, bewahrt geblieben. Sie sind in Blöcke zerteilt und zerspalten, aber ihre Masse weist im Innern nur selten Spuren von Druckschieferung oder Zertrümmerung auf. Die Oberfläche der so entstandenen Blöcke zeigt dagegen häufig Rutschflächen von ähnlicher Natur wie die abgequetschten Stücke von Seewenkalk, die im Iberger Flysch schwimmen.

So erleichtert uns die bei Iberg auftretende Vermengung von Seewenkalk und Flysch einerseits das Verständnis für die besondere Beschaffenheit des Lochseitenkalks<sup>1</sup> und läßt uns

---

<sup>1</sup> Wenn LEPSIUS (Geologie von Deutschland. 2. 245. 1903) sagt: „Wer einmal im Glarner Gebirge den in der großen Überschiebung ausgewalzen Jurakalk (Lochseitenkalk HEIM's) an Ort und Stelle gesehen hat, mußte sich doch sofort fragen, warum ist denn dieser graue, dichte, gewöhnliche Jurakalkstein unter dem ungeheuren Gebirgsdruck, der ihn zermalmt, warum ist derselbe nicht zu Marmor umkristallisiert worden, wenn die sogen. Dynamometamorphose zu Recht bestände?“, so ist darauf folgendes zu erwidern: Erstens weicht der Lochseitenkalk strukturell vom gewöhnlichen, dichten, schwarzblauen Hochgebirgskalk schon durch seine fein kristalline, salinische Struktur ab, womit auch eine hellere Farbe des

verstehen, warum der harte Malmkalk trotz der starken Pressung, die er erfahren, nicht stärker verändert ist; anderseits werden uns die Vorkommnisse der exotischen Blockmassen, im besonderen die Veränderung verständlich, die die Gesteinsmasse und die darin eingeschlossenen Versteinerungen erfahren haben. Auf die Bedeutung, die den weichen Tongesteinen für das Zustandekommen der großen Überschiebungsdecken zugemessen ist, wurde ja schon von verschiedenen Seiten hingewiesen. Wie im kleinen, so dürfte auch im großen das Vorhandensein der tonigen Gesteinskomplexe bedeutsam gewesen sein für die Art und Weise, in der sich die Dislokationen an und in den darauf gleitenden Gesteinsmassen vollzogen und den Grad der Veränderung, den sie dabei erlitten. Doch wird man angesichts der Tatsache, daß sich deckenartige Überschiebungen von gewaltiger Ausdehnung in den zentralen Teilen der Ostalpen auch innerhalb ganz starrer Gesteinskomplexe (wie Granit, Gneis, Dolomit) vollzogen haben, zunächst wenigstens das Vorhandensein toniger oder anderer plastischer Gesteinskomplexe nicht als die notwendige Vorbedingung für das Zustandekommen jener Vorgänge betrachten dürfen.

Noch eine andere Betrachtung möchte ich an die be-

---

umgewandelten Gesteins Hand in Hand geht; nur die reichlich mit Flysch vermengten tieferen Lagen sind wenig verändert. Zweitens hat die mehr oder weniger reichliche Vermischung mit tonigem Material zur Folge gehabt, daß der Kalk vor stärkerer Umwandlung geschützt wurde. Daß aber die festen Bänke des hangenden Verrucano verhältnismäßig stark verändert sind, ist ja bekannt. Besonders deutlich tritt das an den Dolomitknollen zutage, die zwischen den trübrotten Tonschiefern unverknüchtet eingebettet liegen. Der Dolomit ist stark kristallin und wird von Quarzadern durchzogen; auch ist der einschließende Tonschiefer stark phyllitisch und enthält nicht selten Zerrisse, die mit Quarz ausgefüllt sind. Vergleicht man damit die gleiche Gesteinsart im nicht gefalteten Gebirge (roter Schieferton des oberen Rotliegenden mit Dolomitknollen in Süddeutschland), so kann man doch am Zurechtebestehen der Dynamometamorphose nicht wohl zweifeln.



schriebenen Gesteinsverknüchtungen knüpfen. Wir haben gesehen, daß selbst schon durch wenig bedeutsame tektonische Vorgänge Gesteine von ganz verschiedener Beschaffenheit, von verschiedenem Alter und abweichender Entstehungsweise derart miteinander vermengt und verknüchtet werden, daß man das Knetgestein für eine einfache, gleichzeitige Bildung ansprechen würde, wenn nicht seine Struktur und im vorliegenden Falle der mikroskopische Befund die Verschiedenartigkeit sicherstellte. Denken wir uns aber das verknüchtete Gestein von Iberg samt dem liegenden Schiefertone und dem hangenden Kalkstein noch durch andere Vorgänge stärker verändert, sei es durch Kontaktmetamorphose oder durch Dynamometamorphose<sup>1</sup>, so daß daraus ein Komplex von liegendem Phyllit oder Glimmerschiefer und hangendem Marmor resultierte, so würde man die trennende Knetzone in der Form eines Kalkphyllits oder eines glimmerreichen Cipollins zwischen beiden eingeschaltet finden. Ohne bestimmten Nachweis des Gegenteils würde man diese Schichtfolge als normal betrachten und man würde die allmähliche Zunahme des Kalks und die Abnahme des tonigen Elements von unten nach oben sicherlich als einen allmählich eingetretenen Fazieswechsel deuten und als Beweis für den ungestörten Verband der beiden Gesteine verwerten. Und doch wäre man auf dem falschen Wege, indem man Gesteine von ganz verschiedener Bildungszeit unnatürlich zu einer Einheit zusammenwirft. Diese Gefahr liegt aber überall vor, wo wir es mit stark veränderten Gesteinskomplexen zu tun haben, die zugleich beträchtlich gepreßt oder gefaltet sind, d. h. bei älteren oder jüngeren kristallinen Schiefem

---

<sup>1</sup> Durch starken Druck, wie er die zentralmassivisch verquetschten Gesteine ergriffen hat, würde die Mischung ja noch viel inniger werden, als sie es so schon ist, und auch die Knetstruktur würde einer allgemeinen Flaser- und Bänderstruktur weichen.

und bei vielen Gneisen. Was in solchen Gesteinen als ursprünglich genetisch verbunden, was als nachträglich mechanisch verschweißt anzusehen ist, wird sich in vielen Fällen schwer, in anderen wohl nie mit Sicherheit feststellen lassen.

## Tafelerklärung.

### Tafel XVII.

Fig. 1. Ein keilförmiges Verknüetungsstück von Seewenkalk und Flysch, von drei Seiten angeschliffen. A Vorderseite, B und C Seitenflächen.

- a Flyschlage mit zahlreichen feinen Lamellen von Seewenkalk.
  - b Desgl. mit einzelnen gerundeten Brocken von Seewenkalk.
  - c Wechsellagerung von Seewenkalk und Flysch mit ungefähr gleicher Beteiligung beider; der Seewenkalk ist z. T. augenartig ausgewalzt.
  - d Dünne Flyschlagen im Seewenkalk.
  - i Bruchstück einer *Inoceramus*-Schale.
  - r Querrisse im Seewenkalk, während der Verknüetung entstanden.
  - t Tonreiche Lagen in demselben.
  - x, y, z. Nach der Verknüetung entstandene Verschiebungen.
2. Ein auf sich selbst zurückgebogenes Stück Seewenkalk mit eingedrunghenen Flyschlamellen.
- r' Von Flysch erfüllte Querrisse im Seewenkalk.
  - t Tonreiche Lagen im Seewenkalk.
3. Verknüetungsstück von Seewenkalk und Flysch. Der Flysch ist auf breiteren und engeren Längs- und Querspalten in den Kalk eingedrunghen; an manchen Stellen bildet er breite Bänder, an anderen ein dichtes Netzwerk im Kalk.
- $\pi$  Zertrümmerter Pyritkristall; die Bruchstücke ganz in Flysch eingebettet.
  - t Tonreiche Lagen im Seewenkalk.

### Tafel XVIII.

Fig. 4. Ein ähnliches Verknüetungsstück wie Fig. 3.

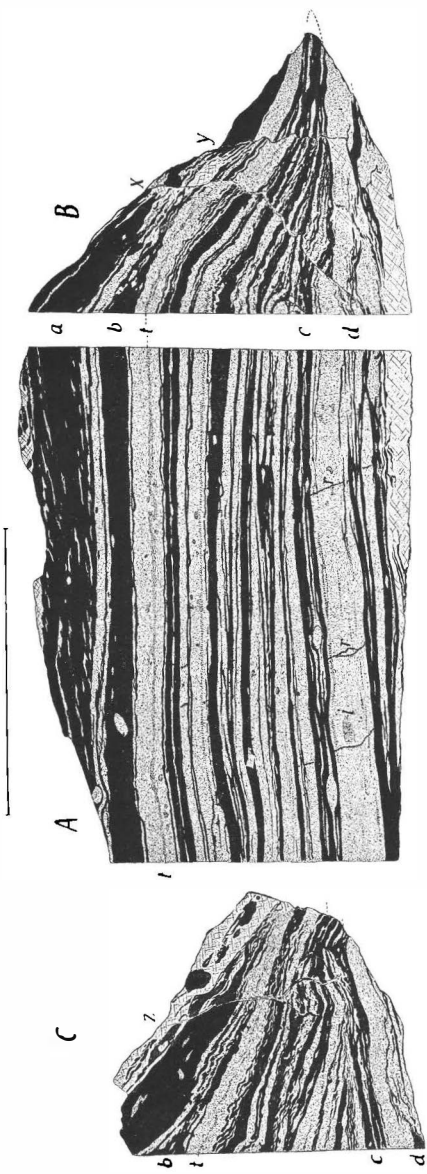
- r' Mit Flysch erfüllte Querrisse.
- t Dünne Tonlagen, von denen es zweifelhaft ist, ob sie eingedrunghenes Flyschmaterial oder tonige Lagen des Seewenkalks sind.

Fig. 5. Seewenkalk mit strähnenartig eingequetschten Flyschlagen.  
 i Bruchstücke von *Inoceramus*-Schalen.  
 t Tonige Lagen im Seewenkalk.

6. Dünnschliff eines Verknüetungsstücks von Seewenkalk und Flysch. Die hellen Lagen und Brocken im dunklen Flysch sind Seewenkalk oder Kalkspat; die kreisrunden Durchschnitte (schematisch gezeichnet) *Pithonella*-Schalen. In den beiden mittleren Lagen deuten die dunklen, annähernd parallel und schräg verlaufenden Linien eine schwache Schieferung an.  $\frac{30}{1}$ .

In den Fig. 1—5 ist der Seewenkalk weiß bis hellgrau, der Kalkspat weiß mit Kreuzstrichelung, der Flysch schwarz wiedergegeben. Diese Figuren in natürlicher Größe.

Die Stücke stammen sämtlich von der Seewenkalküberschiebung im Käswaldtobel bei Ober-Iberg, Kanton Schwyz, und befinden sich in der Sammlung des geologischen Instituts zu Freiburg i. B.



Kalkspaladern



Flysch



Sewenkalk (Tonlagen)



Fig. 1.

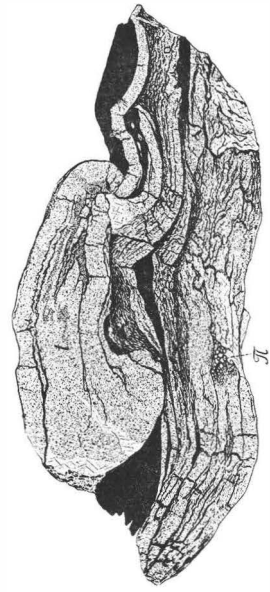


Fig. 3.

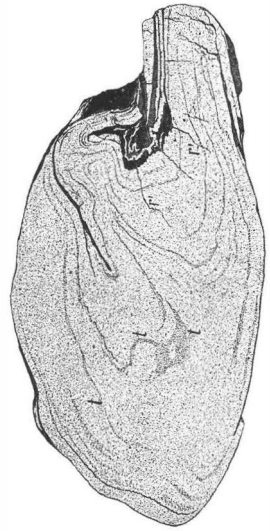


Fig. 2.

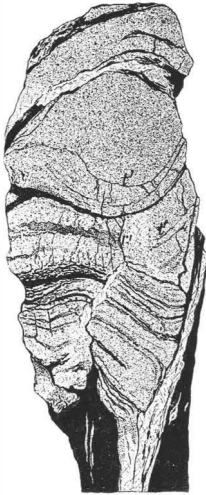


Fig. 4.



Fig. 5.

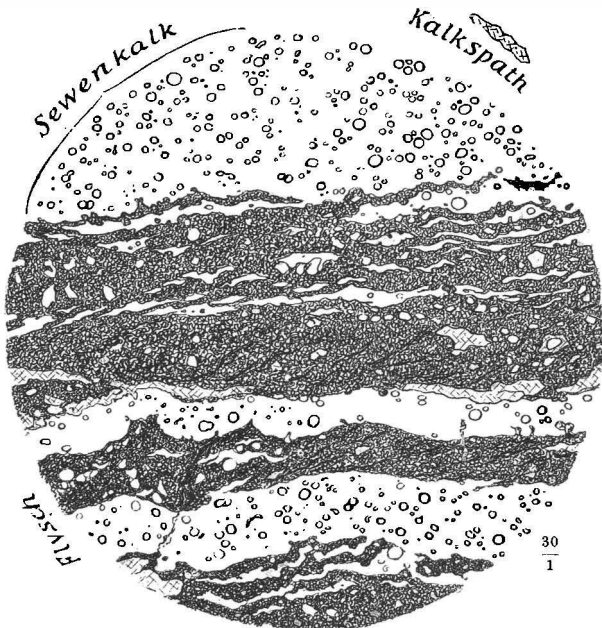


Fig. 6.