

# ÜBER DEN BAU ALPINER GEBIRGE.

---

VON

R. LACHMANN.

---

SONDER-ABDRUCK AUS DER  
ZEITSCHRIFT DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT, BAND 65.  
JAHRGANG 1918, MONATSBERICHT Nr. 3.

---

# Über den Bau alpiner Gebirge.

Von Herrn R. LACHMANN.

(Mit 12 Textfiguren.)

Die Vorstellung von der Einheitlichkeit in der Bildung von Gebirgen hat in den letzten Jahrzehnten durch die Fortschritte in der Erkenntnis vom Bau der Alpen starke Ein-

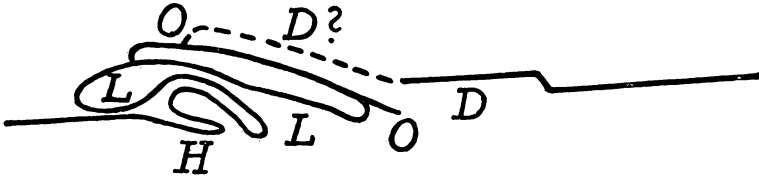


Fig. 1.

*H* = Helveticum. *L* = Lepontinum. *O* = Ostalpinum. *D* = Dinaricum.  
Schema der Alpen nach der Deckenlehre in ihrer heutigen Form.

buße erlitten. Nicht Faltenwellen sind es wie im Jura, in den Appalachen und im Ural, welche den Grundtypus des alpinen Gebirgsbaues darstellen, sondern dünne Bewegungslamellen, Decken genannt, welche durch Bewegung vornehmlich in horizontaler Richtung übereinandergeschichtet worden sind. Die von SCHARDT, LUGEON und TERMIER begründete, von STEINMANN, SUESS und UHLIG übernommene und ausgebildete Deckenlehre will den Aufbau der Alpen in der Weise erklären, daß die vier heute im Alpenkörper vereinigten helvetischen, lepontinischen, ostalpinen und dinarischen Massen (Fig. 1) nach Süden zu auseinanderzureihen sind und hier vor der Alpenfaltung nebeneinander als besondere Sedimentationsbezirke gelegen haben.

Im einzelnen bestehen nun diese vier Zonen nicht aus einer einzigen liegenden Falte oder Überschiebungsdecke,

sondern die helvetischen und lepontinischen Anteile der Alpen werden wieder in je bis zu acht Decken, die ostalpine Region in mindestens zwei Decken aufgelöst, die ihre Lage zueinander durch Schub von Süden nach Norden unabhängig von der entgeltigen Zonengruppierung erhalten haben müssen. Wie stark die Komplikation innerhalb der einzelnen Deckensysteme gedacht wird, zeigen die ARGANDSchen Profile durch das lepontinische Gebiet im Wallis.

Aber selbst mit dieser außerordentlichen Massenkonzentration durch Südschub kommt die Deckenlehre nicht aus. ARNOLD HEIM und KOBER haben in weitgehendem Maße von der Hilfstheorie der Deckeneinwickelung Gebrauch gemacht. Bei dieser Vorstellung war noch nach der Überschiebung der vier Hauptzonen im Körper der Alpen ein starker Südschub am Werke, durch welchen beispielsweise der hangendste Teil des Lepontinums (Radstädter Tauertrias) in den liegendsten Teil des Ostalpinums (Quarzite und Gneise) eingefaltet und in dieser Umhüllung um mehr als 50 km nach Norden verfrachtet ist.

Nehmen wir also die konsequenten Vertreter der Deckenlehre beim Worte, so müssen wir, um die Lage der Südalpen vor der Faltung zu rekonstruieren, zunächst die Deckensysteme aus ihrer gegenseitigen Verschlingung auseinanderwickeln, dann zweitens die vier Faciesbezirke durch Ausglättung der Hauptwellen nebeneinandersetzen und endlich innerhalb jedes Deckensystems die Verfaltung der Unterzonen entwirren.

Versuchen wir einmal, zahlenmäßig den Betrag des Schubes aus Süden abzuschätzen. Zwei Deckeneinwickelungen in jedem Profil bewirken eine Verkürzung um 100 km, das Helveticum, als Deckfalte mit 30 km Ausschlag, bringt 60 km, das Lepontinum mit 80 km Überdeckung 160 km und das Ostalpinum 120 km, wenn wir diese höchste Bewegung als Überschiebung und nicht als Überfaltung auffassen. Das macht zusammen, auch ohne die ganz hypothetische dinarische Überleitung, 440 km.

Innerhalb der helvetischen Zone muß mit mindestens vier Einzeldecken (240 km), bei der lepontinischen Zone mit ebensoviel Teildeckfalten und einer Verkürzung von 640 km gerechnet werden. Die nicht ausgewickelten Decken des Monte Rosa sind mit weiteren 100 km einzuschätzen, und auf Kosten der ostalpinen beiden Hauptdecken kommen weitere 240 km. Nimmt man endlich 100 km für die ostalpinen Spaltdecken hinzu und setzt den gleichen Betrag für die Breite vom

Wurzelpunkt des Helveticums bis zur Nordgrenze der Dinariden wieder ab, so ergibt sich eine Nordbewegung der Südalpen um nicht weniger als 1660 km.

Ein Verteidiger der Deckenlehre könnte allerdings diesen Betrag reduzieren mit dem Hinweis auf die stattgehabten Auswülbungen und Abgleitungen der Deckenstirnen. Diese werden aber mehr als ausgeglichen durch die vielen kleinen Gesteinsfältelungen und lokalen Schuppungen, besonders im krystallinen Gestein, welche auf den Übersichtsprofilen nicht mehr darstellbar sind und im Sinne der Deckenlehre dem Ausmaß der gesamten Kontraktion wieder hinzuzufügen sind.

Wir haben daher das unbestreitbare Recht, aus der Deckenlehre in ihrer heutigen Form die Schlußfolgerung zu ziehen, daß die Dinariden vor der Alpenfaltung in der Gegend der heutigen Sahara gelegen haben. Auf Hunderte von Meilen Entfernung soll eine Gesteinshaut, deren Dicke bestenfalls einige Kilometer ausmacht, gegen Norden zum Alpenkörper lamellenartig zusammengeschoben sein.

Es ist von berufenen Geophysikern oft genug ausgesprochen worden, daß derartige Annahmen mit den Gesetzen der Mechanik im Widerspruch stehen. Die Gesteine, welche die äußere Erdrinde zusammensetzen, haben eine so geringe Standfestigkeit, daß bedeutende horizontale Bewegungen einer äußeren Erdhaut ohne Anteilnahme des Untergrundes ausgeschlossen sind. Mechanisch unmöglich ist auch die Bildung von liegenden Falten von mehr als 100 km Amplitude bei einer Schicht von höchstens einigen Kilometern Dicke, die nach den Berechnungen von SMOLUCHOWSKI zu Faltenwellen von nur 10—20 km ausreichen.

In zweiter Linie stehen die räumlichen Schwierigkeiten. In den Pyrenäen könnte man, weil sie linear verlaufen, einen beliebig langen Erdhautstreifen zusammengeschoben denken. Anders in den typischen Deckengebirgen, den Alpen und Karpathen, welche zum Teil, bzw. ihrer ganzen Länge nach, als Bogen verlaufen. Für die Westalpen z. B. steht, ihre einheitliche und zentrifugale Bildung vorausgesetzt, nur der eingeschlossene Teil der Poebene als Ursprungsland der Deckmassen zur Verfügung. Der Krümmungsradius des inneren Alpenbogens beträgt hier nicht mehr als 50 km. Das theoretische Maximum des Außenschubes, selbst bei unendlicher Dehnungsfähigkeit der Gesteine in der Horizontalen, liegt also in den Westalpen bei 50 km. Wenn man aber bei der Bildung von Deckengebirgen nur mit rein mechanischen Faktoren der Beanspruchung rechnet, darf man für die westliche

Alpenhälfte überhaupt nur wenige Kilometer an zentrifugaler Gesamtbewegung voraussetzen.

Die Anhänger der Deckenlehre benötigen ferner einer vollkommenen Einheitlichkeit im Aufbau des Gesamtkörpers der Alpen.

Nicht nur die vier Hauptdeckensysteme, sondern auch ihre Unterteilungen sollen durch eine besondere Ausbildung des Materials, entsprechend einem gesonderten Ablagerungsraum, kenntlich sein. Sodann ist die Einheitlichkeit des Geschehens ein unbedingtes Erfordernis der Deckentheorie. Wie hätten sich die lepontinischen Decken von Savonà bis zum Semmering in einheitlichem Zuge in der Zentralzone der Alpen nachweisen lassen können, wenn diese Gebirgsmasse stückweise und zu verschiedenen Zeiten aus dem fernen Süden heraufgewandert wäre?

Und endlich muß eine vollkommene Einheitlichkeit der Bewegungsrichtung in den Alpen vorgefunden werden. Aus der Verteilung der Massen und der Bewegungsflächen muß überall und gleichmäßig eine Bewegung aus Süden erkennbar sein. Man ist gezwungen, alle entgegengesetzten Bewegungen als volumetrisch bedeutungslose Rückenfaltungen, die symmetrische Fächerstellung der Westalpen als ein durchaus sekundäres Merkmal und jene merkwürdige Grenzfläche zwischen Ost- und Westalpen, welche vom Rhätikon bis zum Oberengadin mit Nordstreich die halben Alpen durchzieht, als zufälligen Erosionsrand an einer für den Bau des ganzen Gebirges bedeutungslosen Flexur mit Absinken der Ostalpen zu erklären. Alles das sind sehr unwahrscheinliche Deutungen, die nur zugunsten eines sonst unanfechtbaren Gesamtbildes zulässig sein würden.

Das Drama der Entstehung der Alpen muß also nach dem Willen der Deckenlehre die drei Aristotelischen Forderungen der Einheit von Zeit, Ort und Handlung widerspruchslos erfüllen. Daß dem so ist, kann mit guten Gründen bezweifelt werden.

Im vergangenen Sommer haben 20 Mitglieder der Geologischen Vereinigung unter Leitung von Herrn STEINMANN die lepontinische Serie der Aufbruchzone von Graubünden, im unterengadiner „Fenster“ und in den Tauern besucht. Wir haben uns davon überzeugen können, daß außer TERMIERS schistes lustrés auch nicht ein einziger Horizont auf größere Entfernung aushält und als Träger einer besonderen Teildecke nahhaft gemacht werden kann. Statt wirklicher Decken sind eine ganze Anzahl von dünnen Bewegungslamellen vor-

handen, welche VON SEIDLITZ im Rhätikon in ihrer Gesamtheit treffend als Riesenquetschzone bezeichnet, und die keineswegs besonderen Ablagerungsräumen entstammen müssen.

Seitdem ferner LFBLING die Gosaukreide auf einem Riß zwischen zwei ausgebildeten ostalpinen Decken nachgewiesen

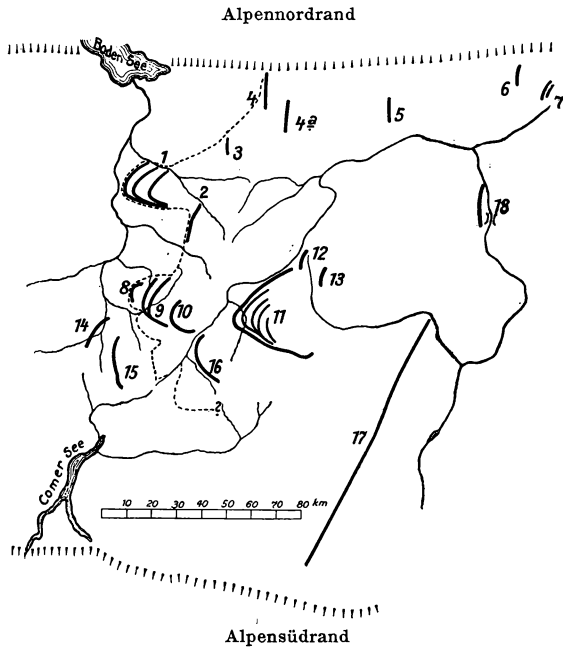


Fig. 2.

Längsbewegungen an der Grenze von Ost- und Westalpen (n. SPITZ und DYHRENFURTH.)

- 1 = Rhätikon. 2 = Mittagspitz 3 = Widderstein. 4 = Grünten. 4a = Höfats.
- 5 = Wetterstein. 6 = Karwendelmulde. 7 = Sonnwendjoch. 8 = Parpan.
- 9 = Plessur. 10 = Ducan. 11 = Engadiner Dolomiten. 12 = Piz-Lad. 13 = Jackel (Endkopf).
- 14 = Suretta. 15 = Avers. 16 = Piz-Alo. 17 = Indicarien.
- 18 = Tribulaun.

1, 8, 9, 10, 11, 12, 13 16 = Rhätische Bogen.

hat, und andererseits HEIM die Stirnen des liegendsten helvetischen Deckensystems zur mittleren Pliocänzeit in Erosionsrinnen der obermiocänen Nagelfluh anbränden läßt, kann von einer Einheitlichkeit in der Bildungszeit der Alpendecken nicht mehr die Rede sein.

Und drittens zur Einheitlichkeit der Bewegung. SPITZ und DYHRENFURTH haben neuerdings den Beweis erbracht,

daß sämtliche Sedimente der ostalpinen Zone in Graubünden vom Endkopf bis in die ersten Teilungen des Tessiner Massives hinein mit der Stirn gegen Westen zum Teil sogar in Parabelform angeordnet sind. („Rhätische Bögen“.) Auf der bestehenden Skizze (s. Fig. 2) sind eine Reihe von gleichgerichteten Bewegungselementen auch in Tirol vermerkt. Das kann gar nicht anders gedeutet werden, als daß dieser ganze Gürtel der Alpen von Längsbewegungen beherrscht wird, und daß die Auffassung der vielbesprochenen Grenzlinie als einfacher Erosionsrand keine Berechtigung mehr besitzt.

Man kann angesichts der geschilderten Widersprüche zunächst einmal die Tatsachen in Zweifel ziehen, auf welche die ganze Deckenlehre sich aufbaut, und mit MYLIUS die Behauptung aufstellen, daß jeder Berg in den Alpen, ob groß oder klein, unweit des Bildungsortes seiner Sedimente gelegen ist.

Ich fürchte aber, daß das ein unmögliches Unterfangen ist, und daß MYLIUS wie viele vor ihm über kurz oder lang das Vorhandensein von großen Horizontalbewegungen innerhalb der Alpen zugeben muß. Man kann auf Grund doch immerhin beschränkter eigener Beobachtungen höchstens zur Revision mancher voreiliger Schlüsse anregen. Trotzdem aber werden einige gesicherte Tatsachen bestehen bleiben, die auf Grund der heute üblichen Anschauung den Schub aus unendlicher Südferne notwendig machen.

Es fragt sich aber zweitens, ob man nicht unter weitgehender Anerkennung der Beobachtungen dieselben zu einer anders gearteten Auffassung gruppieren soll.

Ich möchte für meinen Teil den metamorphen und krystallinen Gesteinsmassen, welche fast ausschließlich die eigentlichen Zentralalpen zusammensetzen, eine entscheidende Rolle bei der Bildung der Alpen zumessen.

Petrographische Beobachtungen, besonders von WEINSCHEK, BECKE und SANDER, haben übereinstimmend ergeben, daß in diesen Teilen der Alpen die Deformationen und die krystalline Mobilität des Gefüges ganz überwiegend parallel verlaufen. SANDER meint, daß in gewissen Gebieten der westlichen Tauern die mit Rekrystallisation verbundene Durchmischung der Gesteinsglieder bei der Gebirgsbildung eine derartige gewesen ist, daß vollständig neue Gesteine entstehen, Tektonite, wie er sie nennt, deren Komponenten in einem und demselben Handstücke ursprünglich kilometerweit auseinander gelegenen Schichten entstammen können. TERMIERS schistes lustrés sind wenigstens in den Ostalpen häufig derartige Mischgesteine.

Die Lehre von der Dynamometamorphose will die Krystallinität als Folge der Gebirgsbildung deuten. Man kann das Verhältnis auch umgekehrt auffassen und sich fragen, ob nicht der Zustand der Krystallinität die außerordentliche „Durchbewegtheit der Tektonite“ — um einen SANDERSchen Ausdruck zu gebrauchen — ermöglicht hat.

Und da die STEINMANNsche Aufbruchzone in Graubünden, die Schieferhülle der Tauern und die Glanzschiefermassen von Wallis nichts anderes sind als vergrößerte derartige Tektonite, so kann man die angedeutete Auffassung

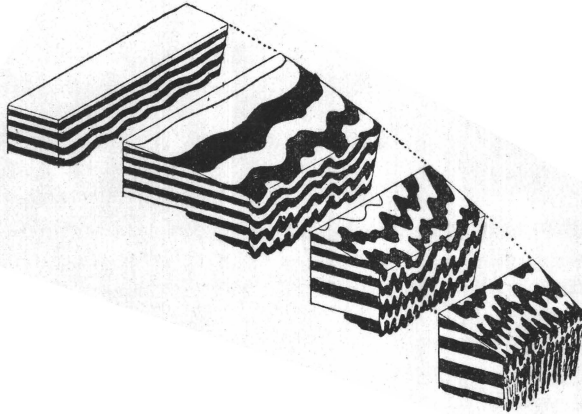


Fig. 3.

Ausbildung von „Ackerfurchen“ aus Ogiven des Obersulzbachgletschers  
(n. CRAMMER.)

dahin erweitern, daß die Struktur der Zentralalpen bedingt wurde durch den besonderen physikalischen Zustand der an ihrem Aufbau beteiligten Gesteinsmassen.

Es läßt sich nämlich die Behauptung begründen, daß diese Struktur nur einen extremen Spezialfall darstellt der besonderen Art von Raumerfüllung, die allen „krystallokinetisch“ gewordenen, d. h. in Relativbewegung unter Lösungsumsatz begriffenen Mineralmassen eigen ist.

Wenn ein Gletscher mit erkennbarer Blaublätterstruktur seinen Querschnitt seitlich einengen muß, so legen sich nach CRAMMER die Ogiven in so enge Schlingen, daß die wirkliche seitliche Kompression in einem vollkommenen Mißverhältnis zu der erzielten scheinbaren linearen Verkürzung steht (s. Fig. 3).

Einem zweiten Beispiel krystallokinetischer Raumerfüllung begegnen wir in den Salzlagerstätten. Ein geschichteter Salz-



körper, welcher in einem Salzstock auftreibt, legt sich in vielen Fällen in großartiger Weise in weitausholende Falten, deren Achsen in der Regel senkrecht im Raume stehen. Die Verfaltung kann in manchen norddeutschen Salzstöcken so weit gehen, daß in gleichgeneigten Salzsichten sich älteres und jüngeres Salz in buntem Wechsel ablösen. Gewisse Streckenprofile auf Friedrichshall sind das übertragene Abbild von SANDERSchen Tektonitprofilen vom Tauernwestende. Eine noch übersichtliche Anordnung auf „Riedel“ hat STILLE mit Recht mit dem Simplonstadium der Schweizeralpen in Vergleich gebracht (Fig. 4 und 5). Ein Unterschied besteht lediglich in der räumlichen Achsenrichtung. Die Amplituden der Salzfalten scheinen über 1 km nicht hinauszugehen und stehen in dem gleichen relativen Verhältnis zum Querschnitt der Ekzeme wie die Faltwellen des Simplon zum Alpenkörper.

Es besteht heute wohl Einmütigkeit darüber, daß durch Überfaltungen im Salz gewaltige räumliche Horizontal-Bewegungen nur vorgetäuscht werden. Wenn in einem Salzstock, der in horizontale Schichten eingebettet ist und einem mehr oder weniger horizontalen Boden auflagert, räumliche Konzentrationen im Verhältnis von 1:7 und mehr vorkommen, so muß man schließen, daß den krystallinen Salzmassen eine Art der Bewegung eigen ist, welche man nicht mit den mechanischen Gesetzen der Faltung von Sandsteinen usw. vergleichen darf. Krystallokinetische Mineralmassen besitzen bei einer Einengung zwischen indifferenten Körpern die Fähigkeit zu einer beliebig weitgehenden Durchmischung, sobald sie dem Zwange einer neuen Raumerfüllung — gleichgültig, ob unter Dilatation oder Kompression — unterlegen sind. Der Grad der Durchmischung hängt von der Beweglichkeit der beteiligten Gesteine relativ zueinander ab und läßt keine Schlüsse zu auf regionale Bewegungen des Gesamtsystems.

Es ist ferner eine bemerkenswerte Tatsache, daß trotz der bis ins Mikroskopische gehenden Durchmischung der Salzsichten eine chemische krystallokinetische Verschmelzung nicht oder nur in seltenen Fällen eingetreten, ist als ob es bei der Mobilisierung des Gefüges bis zu einer Dissoziation der Moleküle nicht gekommen ist.

Andernfalls wäre es unerklärlich, wieso sich nicht beispielsweise Sylvin und Kieserit bei einer Umkrystallisation in geringen Tiefen in Kainit umgewandelt haben.

Eine Erörterung dieser Fragen kann aber erst auf Grund einer Erweiterung des RIECKESchen Prinzips erfolgen.



In den Alpen liegen die Verhältnisse weit komplizierter als im Zechsteinsalz, weil sich nicht einfach indifferente und

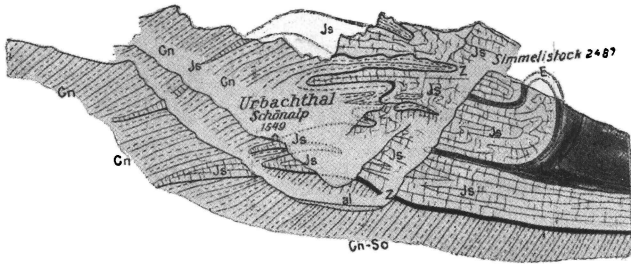


Fig. 6.

Kalk (Js)-Gneiskeile am Gstellhorn (Berner Oberland) n. SCHMIDT.

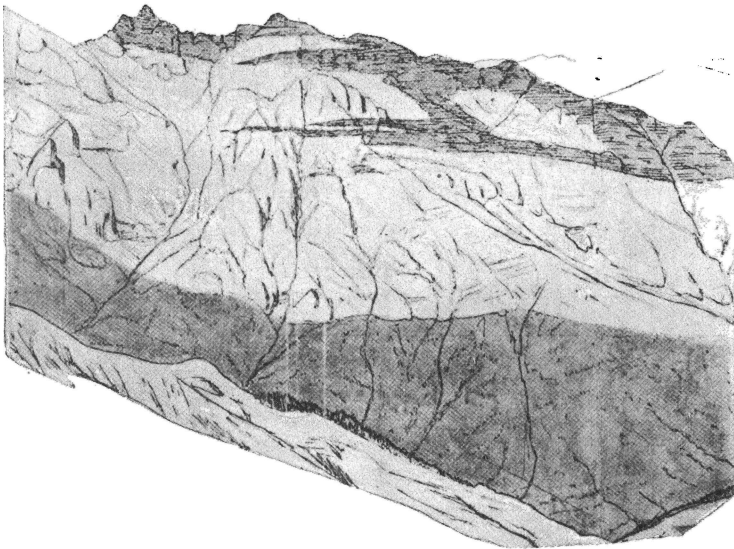


Fig. 7.

Verfaltung von Rhät und Triasdolomit am Oberberger Tribulcum (n. FRECH.)

krystallokinetische Massen geschlossen gegenüberstehen. Einerseits hat die Belastungsmetamorphose jugendliche Sedimente ergriffen, wie die oligocänen Glarner Dachschiefer, andererseits sind die präkarbonischen Gneismassive der Westalpen

ebenso wie die ostalpinen Zentralgneise nur in ihren randlichen Partien der alpinen Massenbewegung unterlegen.

SANDER hat uns im Krierkar mit einer derartigen beginnenden Teilung einer Zentralgneiszunge in die Schieferhüllendecke hinein bekannt gemacht. Die Kalk-Gneiskeile des Berner Oberlandes sind wegen ihrer hochkrystallinen Tracht keine rein mechanischen Kontakte noch auch Intrusiverscheinungen, weil die Bewegungen weit ins Sedimentäre übergreifen, sondern

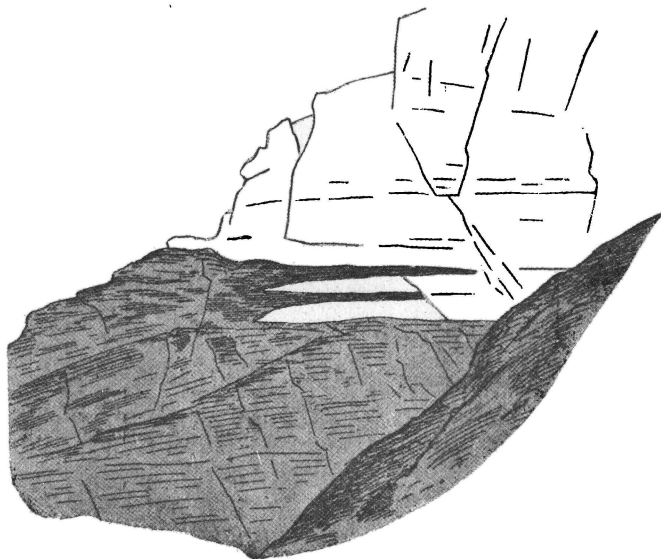


Fig. 8.

Zungenbildung von Triasdolomit in Glimmerschiefer. Westabhang der Weißwand (n. FREYH.).

krystallokinetische Diffusivzonen. Dasselbe gilt für den Simplon. Die gleiche Erscheinung tritt auch an der Grenze zweier verschiedengradig metamorpher Sedimentgesteine auf. Im Tribulaungebiet zeigt sich rhätischer Glimmerkalk in zickzackförmiger Verfaltung mit zuckerkörnigem Dolomit (Fig. 7). Dieser unterlagert die Diffusionszone ungestört, weshalb ein regionaler Faltungsdruck als Ursache ausgeschlossen ist. Man könnte an primäre Wechsellagerung denken, aber die gleiche Erscheinung wiederholt sich in der Nachbarschaft an der Grenze zwischen Dolomit und Glimmerschiefer (Fig. 8).

Über das Verhältnis der Metamorphose zur Krystallokinese ist noch folgendes zu sagen. Die Belastungsmetamorphose be-

ginnt für verschiedene Sedimentkomplexe in verschiedener Tiefe. Die Krystallokinese kann erst in einer Zone einsetzen, in der die metamorphen Gesteinsmassen überwiegen. In tieferen Regionen werden also nicht oder ungenügend metamorphe Gesteinsmassen anzutreffen sein, welche durch den krystallokinetischen Strom passiv verflößt werden, wie die von STARK ab gebildeten Fetzen von Dolomit in den Kalken, Quarziten und Schiefern der Radstädter Serie im Sonnenblickgebiet (Fig. 9). Mylonite treten hauptsächlich an der Untergrenze der indifferenten Zone auf. Wo in einer krystallin durchbewegten Grundmasse eckige Bruchstücke bewegungsloser Schichten eingeordnet sind, entstehen breccienähnliche und als solche gedeutete Gebilde. Sie sind im Prinzip dasselbe wie die im Zechsteinsalz aufgelösten



Fig. 9.

Dolomit in der metamorphen Radstädter Seril (n. STARK.)

Muschelkalkfragmente, die Herr HARBORT in der vorigen Sitzung der Gesellschaft vorgelegt hat.

Kataklase und Diaphthoritisierung, auch wohl tektonisch-plastische Deformationen zeigen sich in krystallinen und metamorphen Massen, welche aus dem Bereich der Krystallokinese in denjenigen der rein mechanischen Beanspruchung hinaufgetreten sind.

Die Ausarbeitung der Flächen geringsten Widerstandes durch Phyllitisierung ist ein mechanischer Prozeß, welcher in den Gang der chemisch-physikalischen Krystalloblastese helfend eingreift. Beides wirkt zusammen, um unter Umfaltung und Mischung aus metamorphen Sedimenten eigentliche krystalline Schiefer zu machen.

Durch die krystallokinetische Unterströmung wird die indifferente Decke teils aufgenommen, teils ausgeschieden. Auf dem SANDERSchen Profil am Torjoch (Geolog. Führer 1912, S. 41 Fig. 2 — 3) bereitet sich eine Trennung der Tarntaler Triashülle vor in einen resorbierten, steil und isoklinal eingefalteten Anteil und eine ausgeschiedene, gegen Norden zu flach abtreibende Teilscholle. Abgedriftete Sedimente zeigen sich mit Vorliebe an der Grenze zweier krystalliner Bildungen. Das Vorhandensein

adaptiver Strukturen in den Sedimenten ist das Hauptkriterium für ein krystallokinetisches Arrangement.

Die krystalline Strömung wird angeregt durch Störungen des isostatischen Gleichgewichts im Untergrund. Die Strömungsrichtung ergibt sich aus der relativen Höhenlage der Nachbarschaft des Störungstreifens; dadurch bildet sich Rückland und Vorland. Über dem strömenden Untergrund muß sich infolge der Verzahnung der indifferenten und der beweglichen Zone die sedimentäre Hülle in Falten legen. Die Narbenfläche zwischen Rückland und der abtreibenden Faltenmasse wird durch Sedimentation oder durch Aufdringen von Eruptiven, häufig durch beides maskiert.

Bei den meisten Gebirgen hat sich die Strömung innerhalb des krystallinen Sockels abgespielt und ist hier nur selten als Deckenbau nachweisbar (F. E. SUESS' moravische Fenster). Die Besonderheit der alpinen Gebirge besteht in dem Hinaufgreifen der krystallokinetisch labilen Zone in den Bereich des erkennbar Sedimentären.

Die Entstehung der Schweizer Alpen unter den ange deuteten Gesichtspunkten ist in beistehenden schematischen Zeichnungen wiedergegeben (Fig. 10—12).

In den Westalpen ist trotz sehr weit hinaufreichender Metamorphose die Reichweite der krystallokinetischen Bewegungen eine kleinere als in der Schweiz. Vielleicht hat ein geringerer Höhenunterschied zwischen Rück- und Vorland die volle Entfaltung der dynamischen Eigenschaften der krystallinen Bewegung verhindert. In den Ostalpen hat das Auftreten der Zentralgneismassive unweit der Dinaridengrenze auf die Ausbreitung der krystallinen Unterströmung einen beschränkenden und richtenden Einfluß ausgeübt.

Dieser Vorschlag zu einer Modifikation der Deckenlehre scheint geeignet, die hauptsächlichsten Bedenken zu beseitigen, welche vorher aufgezählt wurden. Die Dinariden liegen auch heute noch an Ort und Stelle. Die Widersprüche mit den mechanischen Gesetzen der Elastizitätslehre erklären sich durch die besondere Art der Raumerfüllung krystallinisch bewegter Massen. Eine Einheitlichkeit bei der Entstehung der Alpen kann nicht mehr erwartet werden.

Die krystallokinetische Bewegung, in der Hauptsache eine Folge der Tiefenversenkung, mußte naturgemäß im Bereiche der Alpen zu verschiedenen Zeiten einsetzen, und jede Teilströmung konnte in mehrere Faciesbezirke übergreifen. Auch Längsbewegungen sind als Ausgleich zwischen ungleich gesenkten Querstreifen erklärlich; und was insbesondere das Verhältnis

der beiden Hälften anlangt, so steht nichts im Wege, die Ostalpen von den Westalpen unterströmt zu denken. Die ja häufig ergebnislose Suche nach den Wurzeln beruht auf einer falschen Fragestellung. Die gesamten Zentralalpen sind gleichzeitig Wurzel- und Deckenland.

Die in diesen Ausführungen enthaltene allgemeine Theorie der Gebirgsbildung erfüllt in Anlehnung an AMPFERER die Hauptforderung der Geophysik, von der Kontraktionstheorie als einer für die Faltengebirgsbildung unzulänglichen Begründung abzusehen. Indem sie den Sitz der Faltungskraft aus dem hypothetischen feurig-flüssigen Untergrund von AMPFERER hinaufverlegt in eine Zone von bis etwa 10 km unter der

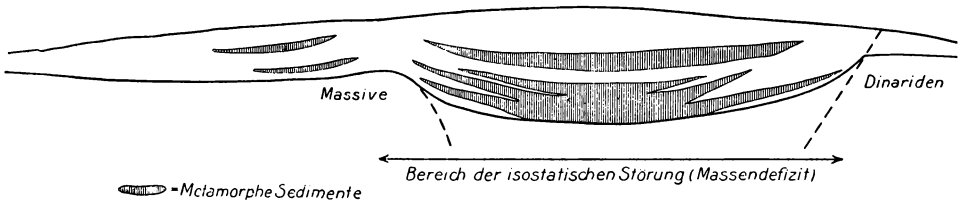


Fig. 10.

Das Vorland reicht bis zu den Massiven (Mercantour bis Aarmassiv). Das Rückland bilden die SUËSSschen Dinariden. Die Belastungsmetamorphose breitet sich unregelmäßig in den alpinen Sedimenten aus. Die Störungen im Gleichgewicht des Untergrundes, welche bereits die mächtigen Sedimentationsreihen im Mesozoicum ermöglichten, decken sich mit der heutigen Verteilung des Massendefizits, welche die Dinariden verschont und (nach NIETHAMMER) auf der Innenseite der Massive kulminiert.

Erdoberfläche, in welcher die Belastungsmetamorphose die Entstehung kristallokinetischer Strömung ermöglicht, wird sie der Tatsache gerecht, daß, soweit wir wissen, eine nur wenige Meilen dicke Erdhaut an dem Spiel der Faltung beteiligt ist.

Von der Faltungserscheinung sind die Störungen im Gleichgewicht des Untergrundes zu trennen, welche, wie vermutet wird, den ersten Anlaß zu Vertikalbewegungen gegeben haben. Nach Pendelbeobachtungen sind diese Störungen heute noch als Massendefizit unter den Zentralalpen (nicht unter den Gesamtalpen) nachweisbar und klingen erst in über 100 km Tiefe aus.

Zur physikalischen Begründung der Annahme einer isostatischen Untergrundstörung als Erreger der Gebirgsbildung stellt mir Herr Professor VON DEM BORNE die folgenden Zeilen zur Verfügung:

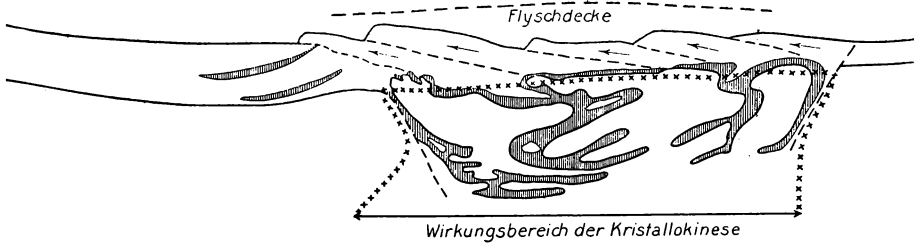


Fig. 11.

Sobald die metamorphen Sedimente auf ihrer krystallinen Unterlage zwischen den Widerlagern abwärtsgleiten, setzt die krystallokinetische Diffusivströmung ein. Sie ergreift auch nichtmetamorphe Teile der Sedimente, wie andererseits krystalline und metamorphe Massen in den Bereich der indifferenten Hangendzone hinübertreten. Das Unterströmungsgefälle auf der Oberfläche der krystallokinetischen Zone bildet sich in der Richtung auf die tiefergelegenen Massive aus. In gleicher Richtung sind die sich überschiebenden Deckschollen in Abwanderung begriffen. Da die Krystallokinese eine Senkung des Untergrundes voraussetzt, häufen sich gleichzeitig die Flyschsedimente auf und ermöglichen das Einbeziehen immer jüngerer Sedimentkomplexe in den Bereich der Krystallokinese. Die Strömungslinien sind großenteils Motiven der ARGANDSchen Profile entnommen.

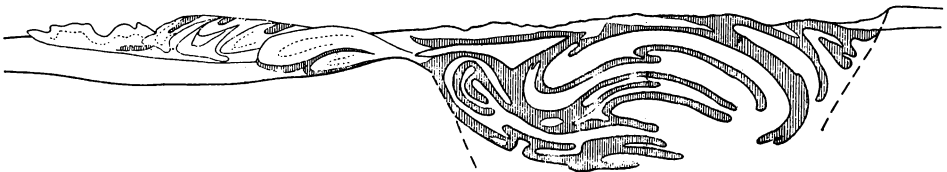


Fig. 12.

Die Diffusiverscheinungen zwischen ehemaligen Sedimenten und krystallinen Schiefen haben den Grad der Verfaltung am Simplon erreicht. Beim Zusammentreten zweier Gegenströmungen ist eine Gneisscholle vollständig wurzellos geworden (? Dent Blanche-Decke). Die Sedimenthüllen haben als lepontinische Decken die Massivscholle überschritten (Trennung in resorbierte und gestrandete Hüllen). Die helvetischen Decken sind noch derart mit dem Massivboden verschweißt, daß man die Beteiligung der tieferen helvetischen Massen an der Krystallokinese während der Überwanderung voraussetzen muß. Bei der Rückhebung der Zentralalpen sind die voralpinen Decken z. T. mechanisch abgeglitten (REYER, SCHARDT und PENCK).



Der Zustand absoluter Isostasie ist für die Erd feste erreicht, wenn überall:

1. die Dichte nach dem Erdinneren hin zunimmt, und
2. die Flächen gleicher Dichte („isostere Flächen“) mit den Flächen gleichen Schwerepotentials („Niveauflächen“) zusammenfallen.

Abweichungen von diesem Zustande, sei es in Gestalt der Anordnung dichter Massen unter minder dichten, sei es durch das Vorhandensein von Massen verschiedener Dichte in gleichem Niveau, müssen das Bestreben haben, durch Ausgleichsbewegungen zu verschwinden und können so die motorische Ursache tektonischer Vorgänge werden. Wollen wir solche Vorgänge rekonstruieren, so werden wir vor allem darauf achten müssen, daß dieser Ausgleichstendenz in jedem Stadium Rechnung getragen wird.

Die große Mannigfaltigkeit, die in der geometrischen Anordnung isostatischer Anomalien nicht nur denkbar, sondern auch bereits vielfach nachgewiesen ist, macht es mir wahrscheinlich, daß wir durch sie die unendliche Mannigfaltigkeit der tektonischen Wirklichkeit sehr viel besser werden erklären können, wie durch die uniforme Schrumpfungshypothese. Auch den zahlreichen Bedenken physikalischer Art, die gegen diese Hypothese vorliegen, tragen wir durch die Annahme der „Ausgleichshypothese“ in erwünschter Weise Rechnung.

In der Diskussion führte der Vortragende folgendes aus. Nach dem gegenwärtigen Stand unserer petrographischen Kenntnisse kann ein allgemeines mechanisches Plastischwerden der alpinen Gesteine nicht angenommen werden, weil nicht ein einziger Fall derart bekannt geworden ist, daß ein Gestein in eindeutiger Weise in seinen sämtlichen Gefügeelementen tektonoplastisch umgeformt wurde. (Vgl. SANDER: Über Zusammenhänge zwischen Teilbewegung und Gefüge in Gesteinen. TSCHERMACKS Mineralogische und petrographische Mitteilungen XXX, H. 3 u. 4, 1911, S. 281—314.)

Die HEIMSche Plastizitätstheorie bedarf also der Einschränkung, daß keine plastische, sondern nur eine bruchlose Gesteinsumformung vorkommt.

Die tatsächlichen Beobachtungen von plastisch-homogenen deformierten Mineralkörnern (MILCH) möchte ich in dem Sinne als Webefehler im krystallokinetischen Gefüge deuten, daß entweder in einer in Lösungsformung begriffenen Gesamtmasse ein Gefügeelement wegen seiner Unlöslichkeit zu mecha-

nischer Deformation gezwungen wurde, oder etwa beim Aus-treten einer Substanz aus der krystallokinetischen in die indiffe-rente Zone bei Fortdauer der Bewegung die mechanische Umformung, welche an sich einen größeren Energieaufwand erfordert, erzwungen wurde. (Näheres in „Beiträgen zur Plastizitätsfrage“, Zentralbl. f. Min. usw. 1912, S. 745 ff.)

---