

*Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft*

## Über einige tiefere Bauverbände der Alpen.

Von Hofrat Dr. OTTO AMPFERER, Wien.

Mit 10 Bildern.

Uralt und leicht verständlich ist das Bestreben der Menschen, irgendwie in die Geheimnisse des Inneren der Erde einzudringen, auf der wir leben und in der wir endlich ruhen. Religion und Philosophie waren wohl die ersten Vermittler von oft phantastischen Vorstellungen der Unterwelt, denen bis in die neue Zeit herauf alle sicheren Grundlagen fehlten.

Heute verfügen wir über mehrere Wege, die Erdtiefen zu erforschen, von denen hier nur die rein geologischen genauer zum Wort kommen sollen.

Die ersten Aufklärungen über die Zusammensetzung des Erdinneren brachten die Schweremessungen und dann die sorgfältigen Aufzeichnungen der Schwingungen von Erdbeben und Explosionen. Diese Feinzeichnungen der Seismometer setzen eine scharfe, einheitliche Zeitbestimmung aller Beobachtungsstationen voraus, ohne die eine Auswertung der Diagramme unmöglich bleibt.

Wenn man derartige Diagramme betrachtet, so ist man immer wieder über die Ausdrucksfähigkeit dieser Botschaften der Tiefen erstaunt. Sie richtig zu lesen, ist aber eine Kunst, die hohe Erfahrung und Geschicklichkeit erfordert. Im Vergleich zu der wunderbaren Feinheit dieser Zitterlinien sind die bisher gewonnenen Einsichten in den Innenbau der Erde noch immer plump und verschwommen. Es ist aber sicher, daß durch die ständig vermehrten und verfeinerten Erdbeben-Messungen diese Einsicht unaufhaltsam steigen muß.

Auch die elektrischen, magnetischen, gravimetrischen Verfahren der Bodenforschung bringen in Verbindung mit der leitenden Geologie reiche Erfahrungen zutage. Ebenso hat die Echomessung für die Erforschung der obersten Teile der Erdhaut schon wertvolle Dienste geleistet.

Den größten und sichersten Beitrag vermögen aber doch die zahlreichen Tiefbohrungen bis zu Bereichen von 2000—3000 m Tiefe zu liefern.

Leider wird der Wert der Tiefbohrungen für die Wissenschaft dadurch sehr herabgesetzt, daß der größte Teil derselben von den Gewinn-Gesellschaften bezüglich ihrer Ergebnisse geheim gehalten wird. So ist der wissenschaftliche Ertrag von vielen tausend Tiefbohrungen für die Allgemeinheit verloren gegangen.

Zwischen den lebensvollen geologischen Schaubildern unserer Erdoberfläche und den Einzelheiten des so erforschten Innenbaues klafft aber eine derartig große Lücke, daß jeder Versuch, sie zu verkleinern, erwünscht sein muß.

Im Folgenden soll nun in groben Umrissen gezeigt werden, wie man mit geologischen Mitteln auf Fragen der Beschaffenheit des Unterbaues der Alpen Auskunft zu erhalten vermag.

Wären die geologischen Schichten, die den Erdkörper einhüllen, als regelmäßige konzentrische Schalen abgelagert worden, so stünde der Geologie wohl kein Weg zur Verfügung, in größere Tiefen hinabzuleuchten. Glücklicherweise ist das nicht der Fall, und die Schichten der Erde sind so vielfach gestört, daß sich daraus auch Möglichkeiten für ein Durchschauen des Steinernen und Erzenen gewinnen lassen.

Da mir nur aus den Alpen eine selbsterlebte Erfahrung zu Gebote steht, wende ich mich wieder diesem Gebirge als unerschöpflicher Auskunftsquelle zu.

Ein Hauptergebnis der geologischen Untersuchungen dieses Jahrhunderts ist der Nachweis, daß die Alpen zu großen Teilen nicht *ein* Gebirge, sondern gleichsam mehrere übereinander vorstellen.

Wunderbar klar tritt dieser Befund auch in den nördlichen Kalkalpen hervor, denen ich als Muster dieser Bauweise das schöne Profil vom Arlberg zum Widderstein (Bild 1) entnehme. In diesem Querschnitte lassen sich folgende Bau-Elemente gut erkennen.

Wir finden im N ein dicht zusammengeschobenes Flysch-Gebirge. Auf dieses liegt die Allgäu-Decke aufgeschoben, die hier in zwei Teildecken zerspaltet ist. Eine neuerliche Aufschiebung legt die mächtige Lechtal-Decke darüber. Nur die Lechtal-Decke ist gegen S zu mit immer älteren Schichten und endlich mit dem Kristallin der Silvretta-Decke benachbart.

Über der Lechtal-Decke ändert sich der Bauplan.

Hier stellen sich deutliche Reste von Tauchdecken ein, die kopfüber in den weichen Kreideschiefern der Lechtal-Decke stecken. Darüber

folgen noch zwei freischwebende Decken, Inntal- und Krabachjoch-Decke.

Wenn wir Flyschgebirge und Silvretta-Decke auch mitzählen, so haben wir also 8 Bauteile hier in diesem Querschnitte vereinigt. Das ist auf eine Strecke von rd. 20 km eine recht bunte und abwechslungsreiche Baufolge. Der größte hier etwa unter der Silvretta-Decke erreichte Tiefgang dürfte 5—6 km betragen.

Damit sind die Angaben dieses Profiles noch lange nicht erschöpft.

Die Schubflächen, welche die einzelnen Decken trennen, fallen unter Winkeln von rd.  $30^{\circ}$  gegen S zu ein. Führt man im Geiste diese Neigung wieder auf  $0^{\circ}$  zurück, so macht man die Beobachtung, daß ein großer

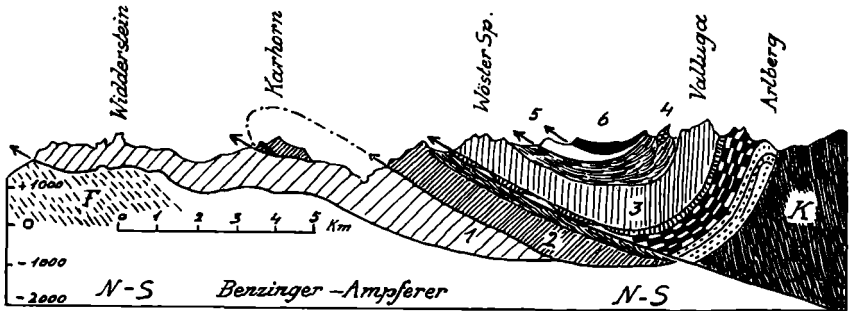


Bild 1. Muldenförmige Lagerung und Abscherung der Decken der Lechtaler Alpen. 1: Untere Allgäu-Decke, 2: Obere Allgäu-Decke, 3: Lechtal-Decke, 4: Tauchdecken-Reste, 5: Inntal-Decke, 6: Krabachjoch-Decke; F: Flysch, K: Kristallin der Silvretta-Decke.

Teil der Schichtneigungen mitverschwindet. Das heißt mit anderen Worten, daß die Schichten der Lechtaler Alpen vor der Aufschiebung der Decken keine stärkere Faltung mitgemacht hatten.

Es ist also diese Deckenschiebung nicht als eine Steigerung einer heftigen Faltung zu bezeichnen. Die Lechtaler Alpen hätten noch viel stärker gefaltet werden können. Betrachten wir nun die Gesamtlagerung, so haben wir unbedingt eine großartige Muldenfüllung vor uns. Diese Muldenfüllung hat eine recht eigenartige Ordnung. Zunächst ist sie ausgesprochen einseitig.

An der Südseite streichen weniger Decken aus als an der Nordseite. Das kommt daher, daß die Decken des Nordteiles größtenteils im Südteile auskeilen.

Aus dieser Anordnung kann man schließen, daß die jeweils nördlicheren Decken vor den südlicheren in die Ruhestellung gelangten. Es ist dies ein Beweis, daß hier die Deckenbewegung von S gegen N stattgefunden hat. Durch die stark einseitige Anordnung der Teildecken hat die ganze Anhäufung ein klares Richtung-Symbol erhalten. Es ist un-

möglich, aus einer anderen Richtung her dieses Bewegungsbild zu erreichen.

Eine weitere Bestätigung erhält dieses Symbol noch durch die Angaben der Abscherungen der Decken.

Die Teildecken weisen an ihren Sohlen auffallend große Stoffverluste auf. Die Schichten sind stark verdünnt, manchmal sogar völlig abgeschert. Sehr deutlich tritt diese Erscheinung an dem Rätikon-Profil (Bild 2) hervor.

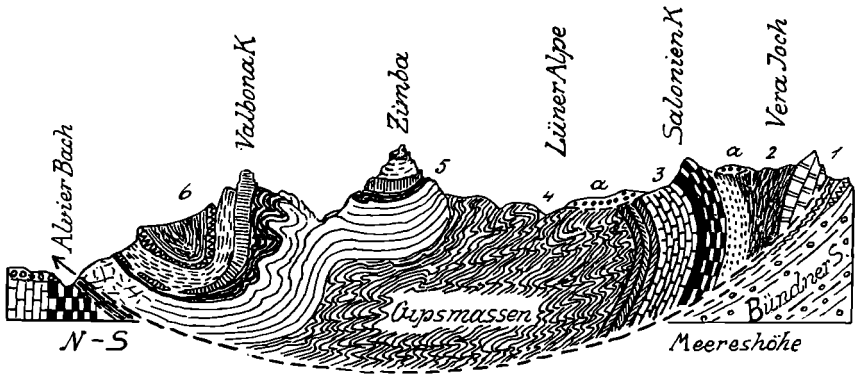


Bild 2. Muldenförmige Lagerung und scharfe Abscherung der Decken des Rätikon-Gebirges. 1: Sulzfluh-Decke, 2: Arosa-Zone, 3: Buntsandstein-Muschelkalk — Partnach-Sch. — Arlberg-Sch. — Raibler Sch., 4: Anschoppung von Gips der Raibler Sch., 5: Zimba-Mulde, 6: Valbon-Mulde (5 u. 6: Hauptdolomit bis Kreide); a: von W hereingeschobene Schollen von Verrukano-Buntsandstein.

Man könnte nun glauben, daß es sich hier vielleicht um ein sedimentäres Auskeilen, also um eine Eigentümlichkeit der ursprünglichen Ablagerungen, handle. Das genauere Zusehen aber bringt die Einsicht, daß es sich um mechanisches Abschleifen, Abreiben, Abscheren handelt, lauter Vorgänge, die erst bei der Bewegung der Decken entstanden sein können.

Es ist nun zu untersuchen, wie diese Abscherungen der Decken zur Bewegungsbahn und zur Schichtung eingestellt sind.

Wenn man sich an Werkzeuge wie Hobel, Säge, Feile erinnert, so ist festzuhalten, daß bei der Bewegung der Decken der Untergrund das feste Schneidwerkzeug vorstellt, über welches die fahrende Decke gleitet. Es ist also die Lage von Werkzeug und Stoff umgekehrt wie beim Abhobeln, Sägen, Feilen, wo das menschliche Werkzeug meist oben und der Stoff unten liegt.

Wird eine Decke parallel über eine ebene raue Fläche bewegt, so ist eine ziemlich gleichmäßige Abschleifung der ganzen Deckensohle zu erwarten. Steigt indessen der raue Untergrund in der Bewegungsrichtung

tung an, so dürfte die Abschleifung an der Vorderseite der Laufdecke am stärksten sein. Fällt dagegen der rauhe Untergrund in der Bewegungsrichtung, so dürfte die Abnutzung im hinteren Teil der Decke voraussichtlich überwiegen.

Bei der Einfahrt der Decken in eine bereits vorliegende Muldenform hätten wir daher auf der Fallseite Abscherung, Abschleifung an der *Rückseite* der Decken, auf der Steigseite dagegen auf ihrer *Vorderseite* zu gewärtigen.

Diese Verteilung der mechanischen Abnutzung stimmt aber nicht mit den Angaben der Profile (Bild 1 u. 2). Hier erscheint im Gegenteile an der Fallseite die schärfste Abscherung vorne und an der Steigseite hinten. So steht die Anordnung der Abscherungen in keinem unmittelbaren Verhältnis zu der Großmuldenform, in welcher derzeit unsere Decken lagern.

Daraus kann man schließen, daß diese scharfen Abscherungen der Decken nicht im Muldenbereiche entstanden sind. Entweder war also zur Zeit der Deckenwanderungen diese Muldenform noch nicht vorhanden, oder die Decken gelangten schon mit den vollzogenen Abscherungen hinein. Es ist nun nicht gerade wahrscheinlich, daß diese mächtige Muldenform, welche heute die ganzen über 500 km langen Nordalpen in sich beherbergt, schon vor der Decken-Einfahrt bestanden hat.

Wäre diese Riesenmulde schon länger dagewesen, so hätte das Wasser sie gefüllt und Sedimente eingeschwemmt. Von einer solchen Sedimentfüllung ist aber bisher nichts bekannt geworden.

Wohl aber finden wir weithin in den Nordalpen Anzeichen der Überflutung durch die Meere der Cenoman- und der jüngeren Gosau-Zeit (Oberkreide).

Besonders aus der Gosau-Zeit ist ein Reichtum an bunten und eigenartigen Sedimenten erhalten, die zum Teil in klare Relief-Formen eingefüllt liegen.

Diese Meeres-Ablagerungen vollzogen sich aber auf den Decken der Nordalpen und stehen in keiner Beziehung zu jener Riesenmulde, in welcher heute alle Decken der Nordalpen vereinigt ruhen.

Unmöglich ist aber auch die Lösung nicht, daß die Mulde zwar bestand, aber erst seit kürzerer Zeit, und bereits mit Wasser gefüllt war, als die Einfahrt der Decken begann. Eine Einfahrt der Decken in ein Wasserbecken hätte die Beweglichkeit der Vorgänge wesentlich steigern können. Vor allem würden die Reibungsbeträge sinken und alle Verbiegungen erleichtert werden. Die Verminderung des Gewichtes durch den Auftrieb des Wassers würde außerdem bei der Überwindung von Steigungen helfend ins Spiel treten.

Jedenfalls wäre dieser Lösungsversuch mit seinen zahlreichen Möglichkeiten noch weiterer Untersuchungen wert.

Wir verfolgen nun die Annahme, daß die große Mulde unter den Nordalpen jünger oder wenigstens gleichalt wie die Einwanderung der Decken gewesen sei. In diesen Fällen besteht offenbar die Wahrscheinlichkeit, daß solche mehrere 1000 m dicke Gesteinsmassen ihren Untergrund dauernd einzudrücken vermochten.

Vielleicht war diese Eindrückung anfangs sogar tiefer und hat inzwischen mit der Abtragung der Deckenlast wieder abgenommen.

Es ist heute wohl sehr wahrscheinlich, daß die Decken der Nordalpen von S her in ihr großartiges Muldenbett eingerückt sind. Trotz dieser Einsicht ist es im einzelnen schwierig, die genaueren Wanderwege der Decken zu erforschen, weil hier offenbar schon große Teile des ehemaligen Gebirges abgetragen, andere aber wohl versunken sind.

Südlich von der großen Sammelrinne der Decken der Nordalpen erscheint eine Hebungszone eingeschaltet. Sie ist in der Schweiz viel klarer ausgebildet, so daß es vorteilhafter ist, die Verhältnisse der Westalpen zur Aufklärung heranzuziehen.

Eine großartige Ausbildung erlangt diese hohe Schwelle z. B. im Bereiche der mächtigen Massive von Finsteraarhorn—Montblanc.

Bild 3 legt einen Querschnitt durch dieses machtvolle Bauwerk vor. Unschwer ist zu erkennen, daß die hohe Aufragung der altkristallinen Massive von der schweren Last der darüber wandernden Decken umgestülpt und verzerrt worden ist.

Es liegt daher nahe, daß die Decken von der Südseite dieser Massive gekommen sein müssen.

Hier treten wir nun wohl in die merkwürdigste Bauzone der Alpen, in den Bereich einer riesigen und tiefgreifenden Mulde ein, die mit Tauchdecken angefüllt erscheint.

Während die Sammelmulde der Decken am Außenrande der Alpen nur einen Tiefgang von 4—6 km besitzt, stehen wir hier vor einer Senkungszone, die vielleicht 20 km oder mehr in die Tiefe leitet.

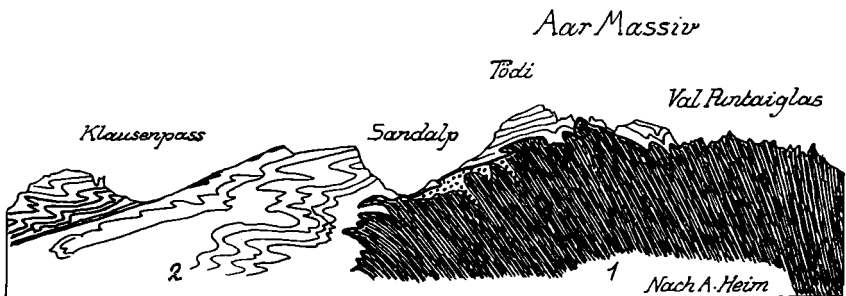


Bild 3. Überwältigung des Aarmassivs durch die Überfahrt der Decken. 1: kristalline Silikatgesteine, 2: Sedimentmantel.

Der Sammeltrog der Außendecken hat einen geschlossenen Boden aus jungen Schichten. Diese Versenkung dagegen ist gegen die Erdtiefe zu nicht mehr geschlossen, sondern geht wahrscheinlich bereits in eine Magmazonie über.

In dem äußeren Sammeltroge haben wir nur eine Anhäufung von entwurzelten Decken vor uns, in den hohen Massivschwellen erscheint altes Gneis- und Granitgebirge mit Keilen von Karbon hoch erhoben, in dieser Versenkungszone aber haben wir den lebendigsten Teil, den Kern der Alpenschöpfung vor uns. Von hier aus ist die Gebirgsbildung eingeleitet und wohl auch beendet worden.

Bild 4 stellt einen von R. STAUB veröffentlichten Querschnitt durch diese wichtigste Bauzone der Alpen vor. Wir sehen von allen seinen Einzelheiten ab und versuchen nur, die großen Bauführungen zu verfolgen.

Im Gegensatz zum anschließenden Grundgebirge der hohen Schwellen mit ihrer steilen, weithin ziehenden Schichtstellung fällt hier die sehr flache Lagerung und die voll und schön ausgebildete Stirnfaltung der Decken auf. Wir halten also fest, daß im Kerne der Westalpen durchaus keine Steilpressungen wie in den benachbarten Massiven vorhanden sind.

Weiter gibt sich zu erkennen, daß die hier liegenden Gneisdecken vielfach mit jüngerer Trias und Bündnerschiefern umwickelt sind.

Dagegen fehlen alte Gneise mit ihren paläozoischen Einlagerungen. Sie treten erst wieder unter den südlichen Kalkalpen auf. Aus diesem alten Gneismateriale könnte man niemals so schöne Tauchdecken bereiten. Es ist dies ein merkwürdiger Befund, weil wir an der Nord- und Südseite von dieser Versenkungszone solches steilgestelltes Altkristallin finden, dagegen in der Mittelzone eine völlig abweichende Ausbildung.

Zwei Möglichkeiten zum Verständnis bieten sich hier zunächst an. Es kann sich um jüngere Granit-Intrusionen in den Faltenbau der Bündnerschiefer handeln oder um Aufschmelzungen und Neuformungen von Altkristallin.

Junge Granit-Aufbrüche sind in der unmittelbaren Nachbarschaft unserer Tiefsinkzone reichlich vertreten. Ich erinnere hier nur an die

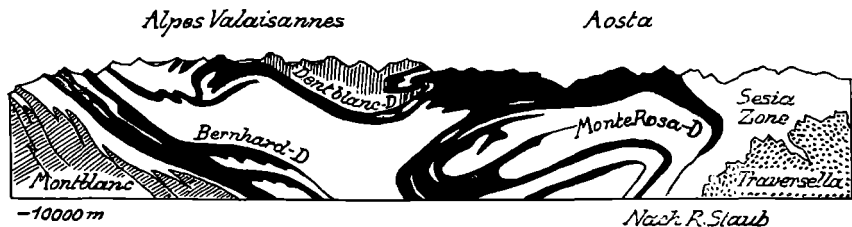


Bild 4. Zufüllung der tiefen Senkzone südlich des Montblanc-Massivs mit mächtigen Tauchdecken. Schwarz: Bündnerschiefer, Punkte: junge Durchbruchmasse von Traversella.

Massen von Traversella — Baveno — Morobbia — Bregaglia — Adamello, welche zum Teil sehr ausgedehnt sind. Hätte die Erosion schon entsprechend tiefer gegriffen, so wären diese Massen vielleicht schon mit einander verwachsen zu sehen.

Während aber die Kerne der Tauchdecken genau in die Vorschreibungen der Falten eingebaut liegen, durchstoßen die gerade aufgezahlten Schmelzkörper ihre Hangendschichten mit schroffen Grenzen und klaren Kontakten.

Was nun die Füllung unserer Tiefsenkung betrifft, so weicht sie ebenfalls entscheidend von der Füllung der äußeren Sammelmulde ab.

In der letzteren lagern die einzelnen Decken mit aufrechten Schichtfolgen und sauber gezogenen Grenzschnitten übereinander.

In der Sinkzone ist eine riesenhafte Masse von Bündnerschiefern eingelagert, die aber mit ihren vielfachen Verzweigungen zugleich auch die Gneiskerne umhüllt.

Man hat den Eindruck, daß die Gneiskerne in eine gewaltige, tief versenkte Masse von Bündnerschiefern von S oder SO her eingedrungen sind.

Im Gegensatz zu den Außendecken, die im N und im S frei enden, sind die Gneisdecken hier im N mit klaren Stirnen abgeschlossen und tauchen im S steil oder sogar überkippt in die Tiefe. Die einen tragen offen den Charakter von frei beweglichen Wanderdecken zur Schau, die anderen sind genau begrenzt und tief verankert. Wir haben also zwei grundverschiedene Muldenfüllungen vor uns, die man einander nicht gleichsetzen kann. Man kann sie etwa auch nicht so verbinden, daß man die Außendecken als Fortsetzungen der Kerndecken betrachtet. Dies ist schon deshalb unmöglich, weil die Kerndecken mit sorgfältigen

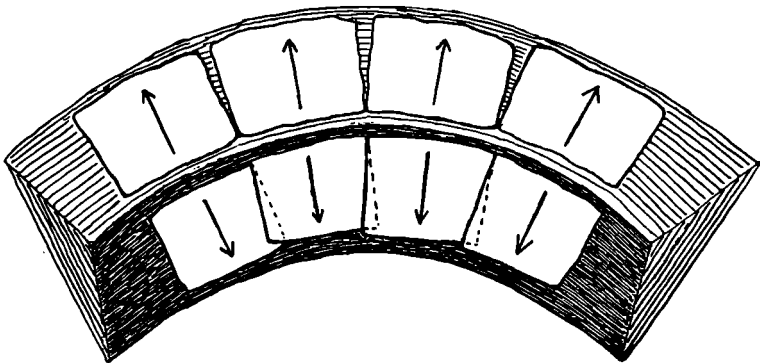


Bild 5. Schema für das gehemmte Abfließen von Decken auf der Innenseite und für das freie Abfließen von Decken auf der Außenseite des Alpenbogens.



Stirnen gegen N oder NW hin abgeschlossen sind. Außerdem stimmen ja auch die Schicht-Inhalte gar nicht zusammen.

Wenn man die Kernmulde genauer betrachtet, so drängt sich die Einsicht auf, daß hier zuerst eine große Senkung stattgefunden hat. Erst dadurch wurde der freie Raum geschaffen, in welchen nun die Tauchdecken von der Seite her eindringen konnten. Auffällig ist die rein einseitige Zufüllung des Senkraumes. Wahrscheinlich hängt das aber mit der hier scharfen Bogenkrümmung der Alpen zusammen.

Bei dieser scharfen Krümmung war eine Ablösung von Decken von der Innenseite des Bogens schwerer möglich als von der Außenseite.

Im einen Falle konnten (Bild 5) die abgelösten Decken gegenseitig frei abfließen, wogegen im anderen dieses freie Abfließen durch Platzmangel gehemmt wurde. Wahrscheinlich geht auch das auffallend weite Vorstoßen der Decken von Chablais-Préalpes auf dasselbe rein mechanische Prinzip zurück, da sie gerade mit einer Stelle scharfer Alpenkrümmung zusammenfallen (Bild 6). Wenn diese Deutung das Richtige

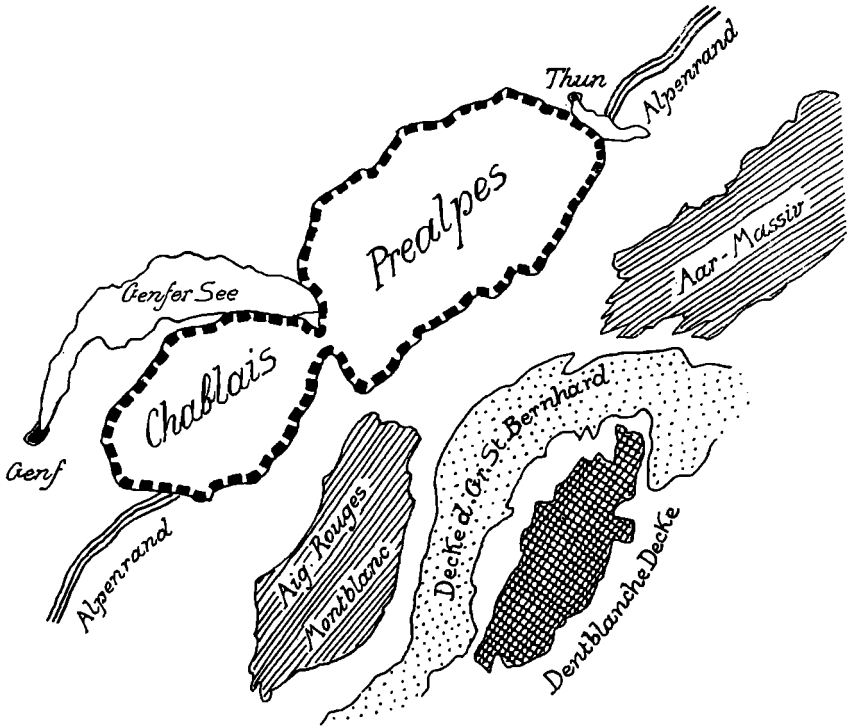


Bild 6. System der Vorflutung der Deckenhaufen von Chablais, Préalpes und der Bernhard-Decke an einer Bugstelle der Westalpen.

trifft, so wäre aus dem Zusammenfallen erleichterter Deckenbewegung mit starker Alpenkrümmung der Schluß zu ziehen, daß die Bogenform der Alpen zur Zeit der Deckenbewegungen entweder schon bestand oder gleichlaufend geschaffen wurde. Jedenfalls ist recht auffällig, daß innerhalb des langen, geraden Balkens der Nordalpen keine derartigen weit vorspringenden Decken entwickelt wurden.

Die verhältnismäßig flache Lagerung der Gneisdecken in der Kernzone der Alpen beweist, daß sich dieselben frei bewegen und ausbreiten konnten. Insbesondere wurde ihre Entfaltung an der N-, bzw. NW-Seite nicht durch starke Gegenpressungen gehemmt. Sie waren also wenigstens einseitig dem Pressungsrahmen der Umgebung entzogen. Das ist nur möglich, wenn hier vor ihnen die Möglichkeit des freien Ausweichens bestand.

Eine solche Möglichkeit konnte aber am einfachsten durch die Senkung einer breiten Gebirgszone eröffnet werden.

Es ist nun zu überlegen, ob nicht diese Senkung vielleicht auch die Heimatzone der Außendecken dem Bereiche der Sichtbarkeit entzogen hat. Auf dem Wege von der Decken-Anhäufung am Rande der Alpen haben wir bis zur Kernzone die Spuren ihres Gewaltmarsches verfolgt, aber keine Heimatstelle gefunden.

Man hat vielfach daran gedacht, daß diese Decken aus verhältnismäßig schmalen Wurzelzonen mit riesiger Gewalt herausgequetscht wurden. Diese Vorstellung ist indessen nicht haltbar, weil die Schichten und Gesteine der Außendecken durchaus nicht jenes Maß von Zerkümmerung und Verknetung zeigen, das dieser Vorgang unbedingt erfordern würde. Eine Herauspressung von ganzen Gebirgszonen könnte nicht ohne vollständige Durchrollungen und Überstürzungen der beteiligten Schichten vollzogen werden.

Wenn man an Stelle der Herauspressung von liegenden Falten einfache Herausschiebungen setzt, so nimmt der Vorgang der Ablösung von Decken von ihrem Heimatgrunde verständliche Formen an.

Am einfachsten kann jedoch eine solche Ablösung immer durch Gleitung erfolgen. Für diesen Fall müßte der Heimatgrund der Decken zuerst in das richtige Gefälle erhoben und nach Abfahrt der Decken wieder versenkt worden sein.

Ob die Decken nun als Schub- oder Gleitmassen ihren Heimatgrund verlassen haben, jedenfalls ist derselbe heute nicht mehr auffindbar.

Wir legen nun also die Frage vor, ob er nicht in der Tiefsenkung der Kernzone begraben liege?

In diesem Falle hätten wir den Heimatgrund der Randdecken unter den Gneisdecken der Kernzone, also in sehr großer Tiefe, zu suchen. Ob er in einer solchen Tiefe noch in seiner alten Form bestandfähig bleiben konnte, ist schwer zu entscheiden. Wahrscheinlicher erscheint

wohl eine Auflösung und Einschmelzung. Die Bildung der großen Einsenkung unter der Kernzone ist nicht so zu denken, daß zuerst das volle Maß dieser Senkung erreicht wurde und dann erst die Zufaltung von der Seite her erfolgte. Vielmehr dürften Senkung und seitliches Hereindrängen Hand in Hand vor sich gegangen sein.

Wie eine so gewaltige Einsenkung zustande kam, die eigentlich die Grundlage für die Alpenschöpfung wurde, entzieht sich noch unserer genaueren Einsicht. Vermutlich handelt es sich um eine Abwanderung schwererer Massen, die dann durch das Hereindrängen von leichterem, seitlichem Stoff ersetzt wurden.

Dieses Hereindrängen des seitlichen Stoffes gegen die Versenkung ist in den Gneisdecken sehr schön abgebildet. An vielen Stellen sieht man hier wirkliche Tauchdecken, die ihre wohlausgebildeten Stirnen der Versenkung zuneigen.

Im Gefolge dieser tiefgehenden Umwälzungen trat offenbar ein starker Wärme-Aufstieg ein, dessen Spuren in ausgedehnten Umkristallisationen aufbewahrt wurden.

Wir haben den elementaren Unterschied zwischen den Anhäufungen der Decken am Alpenrand und in der Kernzone erkannt und betont (Bild 7).

An Außenrande wurde der unbeteiligte Untergrund unter der Aufladung der Deckenlast hinabgedrückt, in der Kernzone füllten die Tauchdecken einen sinkenden Raum mit ihren Leibern wieder zu.

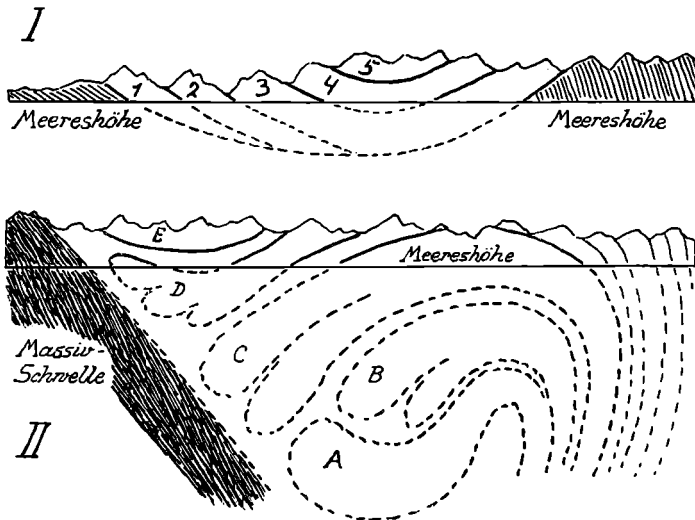


Bild 7. I: einseitige Muldenfüllung mit Wanderdecken. II: einseitige Zufüllung einer Verschluckungszone mit Tauchdecken.

Weiter besteht hier die Möglichkeit, daß der tiefere Heimatgrund der Außendecken im Inneren der Kernzone verschluckt worden ist.

Dabei darf man nicht vergessen, daß es sich hierbei um eine breite Gebirgszone handelt, die nach dem Maßbände der davon abgelaufenen Decken eine Breite von vielleicht 60—80 km innehatte. Das ist mehr als die heutige Breite der Kernzone. Wir stehen daher hier keineswegs vor einer reinen Versenkung, vielmehr war mit dem Senken auch eine Verschmälerung verbunden.

Die Außendecken sind eine Gebirgsform für sich, haben aber mit der Schaffung des Alpenstranges nichts zu tun. Sie sind aus Bauabfällen aufgebaut.

Die eigentliche Bauwirtschaft des Alpenkörpers lag in der Tiefe seiner Kernzone.

Sie bestand in einer anfänglichen Hebung, der eine viel tiefere Senkung folgte. Gegen diese Senkzone hin trat eine mächtige Hereinflutung seitlicher Massen ins Spiel, die endlich mit Tauchfalten den riesigen Sinkraum wieder zu füllen vermochte.

Bild 8 versucht, im Schema die hier ins Auge gefaßte Verbindung von Außendecken mit der Versenkung und Zufaltung der Kernzone räumlich darzustellen.

Wir fragen nun, wie sich diese Bilder von Alpen-Querschnitten mit dem Kartenbild der Alpen vereinigen lassen.

Wir beginnen unsere Betrachtung mit dem mehr als 500 km langen geraden Balken der Nordalpen zwischen Wien und Bodensee. Er besteht hin und hin aus dachziegelartig sich übergreifenden Teildecken, die zur Hauptsache aus Trias, sparsamer aus Jura-Kreide-Tertiär bestehen. Bringt man die Umrisse der Böhmisches Masse, des Schwarzwaldes, der Vogesen und des französischen Zentralplateaus mit dem Nordalpen-

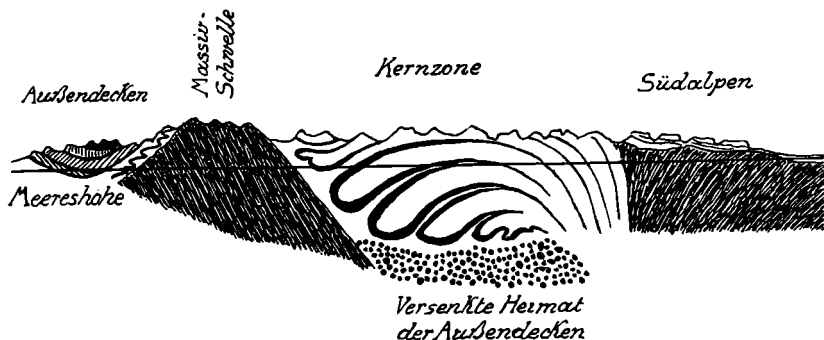


Bild 8. Versuch einer räumlichen Verknüpfung der Außendecken mit ihrer versenkten Heimat, die in der Kernzone begraben liegt und von den Tauchdecken zugefaltet wurde.

Balken in Beziehung, so fällt uns auf, daß derselbe keineswegs in den tiefen Winkel zwischen Böhmischer Masse und Schwarzwald hineingedrückt wurde.

Wohl aber erscheinen die Westalpen recht deutlich gegen die Lücke zwischen Schwarzwald—Vogesen und Zentralplateau sowie gegen die Lücke zwischen diesem und dem Massiv von Maures vorgetrieben.

Ob man diese Raumlagen, wie es meist geschieht, in dem Sinne deuten kann, daß der Alpenbogen zwischen diesen starren Massiven in seinem Vordringen aufgehalten wurde, erscheint wohl zweifelhaft.

Jedenfalls hat der Alpenbau eine Reihe von ebenso starren Massiven (Aarmassiv + Gotthard — Montblanc + Aig. Rouges — Belle Donne + Pelvoux — Mercantour) in seine Gewalt genommen und gefügig in seinen Bogen eingespannt. Ebenso sind ihm die großen alten Massive der Silvretta und der Ötztaler Alpen ganz unterwürfig geworden. Faßt man den Nordalpen-Balken ins Auge, so erscheint hier weit stärker als eine Verschiebung gegen N eine solche von Osten gegen W ausgeprägt.

Auch die Westalpen sprechen in klaren Umrissen für den Vorrang gegen NW und W. Am deutlichsten ist wohl die Wanderschaft gegen NW zum Ausdruck gebracht. Wir finden da den schönen Vorbogen des Jura, dann die voreilenden Deckenhaufen von Chablais-Préalpes, den Vorstoß der Decke des Gr. St. Bernhard und endlich die hochschwebende Decke der Dentblanche, alle in dieselbe Bewegungsflut eingeordnet.

Zwischen den so klar gegen NW und W bewegten Westalpen und den Ostalpen kommt eine verschiedenartige Bau-Anlage zum Ausdruck. Es liegt hier zwischen den großartigen Querdurchbrüchen von Etsch und Rhein ein Sonderstück des Alpenbaues aufbewahrt, das wohl eine Verkuppelung von Ost- und Westalpen bedeuten dürfte. Ausgezeichnet ist dieser Bereich durch Querstrukturen, mächtige Fenster, gewaltsame Abscherungen alter Massive und ausgedehnte, steilachsige Faltungen.

Auch das jugendliche Aufdringen gewaltiger Schmelzmassen im Bergell und Adamello deutet hier tiefgreifende Auflockerungen des Alpen-Gefüges an.

Es ist sehr schwer, eine Summe der hier vollzogenen Vorgänge zu bilden, weil deren zeitliche und räumliche Zusammengehörigkeit noch vielfach zu untersuchen ist. Sicher ist, daß nirgends sonst in den Alpen Flysch und flyschähnliche Bündnerschiefer vom Allgäu bis an die Südseite der Bernina-Gruppe verfolgt werden können. Dabei steht der Einförmigkeit des Untergrundes aus Flysch und Bündnerschiefern eine außerordentliche Buntheit und Abwechslung des Aufgeschobenen gegenüber. Entlang einer rd. 150 m langen Linie finden wir hier allenthalben unten die einförmigsten Schichtmassen der Alpen und oben, getrennt durch lange, oft messerscharfe Schubschnitte, eine geradezu seltsam bunte Welt von Schichten und Gesteinen.

Es ist nicht zu bezweifeln, daß diese höchst eigenartige Anordnung an der Grenze der Ost- und Westalpen nicht durch Schub von S gegen N, sondern nur durch einen solchen von O gegen W, beziehungsweise von SO gegen NW zu erklären geht.

Entlang der Nordgrenze der Kalkalpen bildet der Flysch eine ebenso einförmige Grundlage. Aber auch die Kalkalpen zeigen darüber wenig Abwechslung. Hier verläuft eben die Schubgrenze so ziemlich im Streichen von Flysch und Kalkalpen.

Wie kommt nun dieser schroffe Gegensatz zwischen Unterlage und Aufschiebung zustande, der die Westgrenze der Ostalpen beherrscht?

Wenn wir ein gefaltetes Schichtsystem quer zum Streichen der Falten mit einer Schubfläche zerschneiden und einen Vorschub des öst-



Bild 9. I: lebhaft gefaltete, buntschichtige Decke. II: einförmiger Untergrund aus Flysch und Bündnerschiefern. *Der große Gegensatz wurde durch eine Fernüberschiebung von I auf II geschaffen.*

lichen über den westlichen Teil ausführen, so ist es unmöglich, auf diese Weise einen größeren Unterschied der Massenbuntheit entlang der Schubgrenze herbeizuführen. Es ist dies nur möglich, wenn wir ein gefaltetes System auf ein wenig oder gar nicht gefaltetes aufschieben (Bild 9).

Wenden wir diese Einsicht auf die Grenze der Ost- und Westalpen an, so ergibt sich, daß die Massen von Flysch und Bündnerschiefer zur Zeit des Aufschubes der Ostalpen viel weniger als diese letzteren gefaltet waren. Das ist nur denkbar, wenn sie außerhalb des Alpenbaues lagen und erst später in diesen hineingezogen wurden. Es ist also hier zwischen Ost- und Westalpen ein breiter, viel weniger scharf gefalteter Landstreifen von O her mit dem Aufgebote der ganzen hohen Tektonik beladen worden.

Über die Breite des hier unter den Ostalpen begrabenen Bündnerschiefer-Landes vermag uns das große schräge Fenster des Unterengadins einigen Aufschluß zu geben.

In diesem tauchen wieder große Massen von flyschartigen Bündnerschiefern auf, die einen kuppelartigen Aufbau besitzen.

Nach der gebräuchlichen Deckenlehre soll die Begrabung dieses Fenstergebietes bei der Überschiebung von S gegen N erfolgt sein.

Mit so ziemlich derselben Wahrscheinlichkeit kann man auch annehmen, daß die Eindeckung durch einen Schub von O gegen W bewirkt wurde.

In diesem Falle würde die Breite des begrabenen Flysch-Bündnerschiefer-Landes etwa 60—80 km ausmachen. Um einen ähnlichen, wahr-

scheinlich aber größeren Betrag wären also die Ostalpen hier gegen die Westalpen vorgedrungen. Ein solcher Schub-Betrag ist im Verhältnis zu der Länge der Ostalpen nicht bedeutend. Er genügt aber, um die eigenartigen Grenzverhältnisse zwischen Ost- und Westalpen aufzuhellen.

Der hier besprochene Vormarsch der Ostalpen gegen die Westalpen ist von den großen Baubewegungen der Alpen wahrscheinlich die jüngste.

Darum ist auch die Angriffs-Front der Ostalpen besonders reich an frischen, noch wenig zerstörten Bewegungsformen.

Bisher waren wir in den Innen- und Unterbau der Alpen vertieft. Zum Schlusse soll nun noch kurz die Grenze der Alpen gegen die Ebene beleuchtet werden. Hier fehlen die Aufschlüsse in einem Ausmaße, daß nicht viel übrig bleibt, als die Möglichkeiten der verschiedenen Grenzbildungen zu besprechen, von denen die wichtigsten im Schema (Bild 10) zusammengestellt erscheinen. Die einfache Grenzform eines allmählichen Ausklingsens der Alpenfaltung ist wohl nicht verwirklicht.

Vielleicht könnte man die Abscher-Faltung des Jura-Gebirges noch hierher zählen.

Auch die schroffe Form der Versenkung des Alpenkörpers gegen den Rand der Ebenen scheint nicht vorzukommen. Dagegen ist die Grenzform einer Aufschiebung der Alpen auf die Ebenen am äußeren Bogenrand zur Ausführung gelangt. Dabei sind auch die oberen Schichten der Ebenen unter dieser Aufschiebung verletzt und gestört worden.

Der umgekehrte Fall einer Aufschiebung der Ebenen auf das Gebirge ist im Umkreis der Alpen nicht zu finden. Endlich kommen als Grenzgebilde auch noch die verschiedenen Formen von Zerrungen in Betracht, an denen es manchmal auch zum Austritt von Magmen gekommen ist. Bei den Alpen ist diese Art von Grenzziehung auf die Ost- und Südseite eingeschränkt.

Alle hier kurz erwähnten Abgrenzungen des Gebirgsraumes gegen die Nachbar-Ebenen weisen mit Ausnahme der ersten Form schroff in

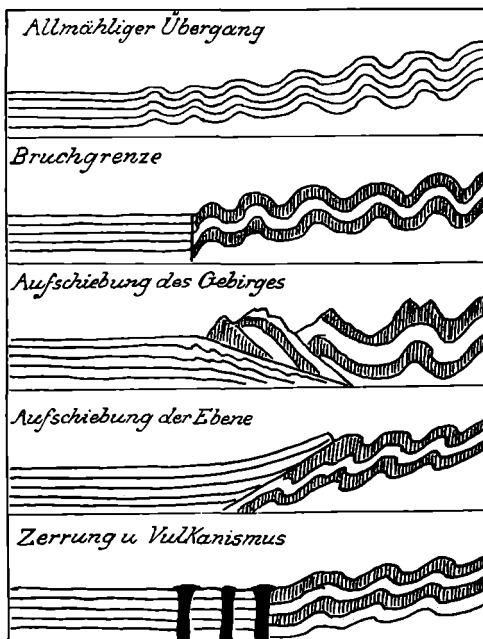


Bild 10. Schema von 5 Hauptformen der Grenzformbildung zwischen Gebirge und Ebene.

die Tiefe. Dort sind jedenfalls auch die Vorgänge zu suchen, welche die Bereiche von ruhiger und unruhiger Schichtenstellung zu schaffen und zu trennen vermögen.

Wir haben in diesem Aufsatz eine Reihe von tektonischen Überlegungen zusammengefügt, die bisher noch wenig oder gar nicht zur Einsicht in den Tiefbau der Alpen verwendet wurden. So gewinnt man neue Möglichkeiten des Tieferschauens, muß aber auch die Nachteile der Pfadsucherei mit ihrer Lockung zu Irrwegen mit in Kauf nehmen.

Wenn man die Alpen aus der Ferne oder aus einem Flugzeuge überschaut, so ahnt der Unkundige nicht, daß dieses breite, vieltausendzackige Ackerfeld zwischen den glatten, weitgespannten Ebenen ein so hohes Maß von Bewegungen in sich verschluckt hat. Durch eine einfache Aufwölbung einer sehr dicken Schichtmasse hätte die Erosion eine äußerlich ähnliche, rauhhöckerige Furche ausschneiden können.

Nur durch das feingliedrige Bänderwerk zahlreicher bunter Schichten wird uns diese ungeheure Bewegtheit der Alpen verraten.

Es ist daher keine Frage, daß eine noch feinere und überall durchgreifende Schichtung uns noch wesentlich reichhaltigere Bewegungsbilder geliefert hätte.

Ebenso sicher ist es auch, daß die Erforschung der Alpen durch die Schuttverkleidungen vielfach außerordentlich erschwert wird. Insbesondere ist das wichtige Grenzverhältnis von Gebirge und Ebene überall verschüttet und nicht klar erschlossen.

Hier wäre nur durch planmäßige künstliche Mittel wie Stollen und Bohrungen Klarheit zu schaffen.

So liegt der herrliche Gebirgsraum mit allen seinen Verkündigungen der Gewalten der Erdtiefen wie ein Zaubergarten rings von dem Schweigen der großen Schuttfächer behütet und eingeschlossen. Wir aber wandern in ihm von Schönheit zu Schönheit, geläutert, ahnungsvoll mit dem ewigen Geist der Schöpfung befreundet.