

# Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen.

Von Otto Ampferer.

Mit 12 Zeichnungen.

Wir haben heute die Gebirge als etwas Starres vor uns liegen, starr wohl nur im Rahmen unserer eigenen Vergänglichkeit, und doch enthält deren Struktur hin und hin unzweideutig die Spuren vielfacher lebendiger Bewegtheit aufbewahrt.

Wie reizvoll ist es nun, dieser mächtigen Leiche mit dem Ruf unseres Geistes wieder das alte Leben und die Beweglichkeit ihrer kraftvollen Glieder einzuhauchen und so eine Wiederauferstehung zu vollziehen.

Der Versuch, aus verbogenen oder zertrümmerten Gesteinsmassen auf die Vorgänge zu schließen, als deren Produkte eben diese Umformungen entstanden sind, scheint mit vielen Schwierigkeiten verbunden zu sein.

Es könnten sich einmal dieselben Umformungen aus verschiedenen Vorgängen ableiten lassen, sie könnten aus einem komplizierten oder mehreren einfachen, aber zeitlich getrennten Vorgängen hervorgegangen sein, sie könnten endlich als Haupt- oder nur als Nebenprodukte gebildet worden sein.

Sehr viel von den Formen hat bereits die Erosion zerstört. Es ist von Fall zu Fall fraglich, ob hier nicht schon so viel fehlt, daß eine wirkliche Ergänzung nicht mehr möglich ist. Bei engster Vertrautheit mit diesen Problemen verschwindet aber wenigstens in vielen Fällen die Mehrdeutigkeit, weil doch jeder dieser Vorgänge derart kompliziert ist und so viele Begleiterscheinungen notwendig in seinem Gefolge sind, daß eine Verwechslung bei voller Erfassung des ganzen Wirkungsbereiches nicht mehr möglich erscheint.

Fast regelmäßig entspringen ja die Verwechslungen nur einer allzu engen Begrenzung der Erscheinung. So sicher niemand die Gesamtheit eines Bergsturzes, eines Gletschers, eines Murganges verwechseln wird, so leicht kann man eine abgetrennte Schuttmasse für sich jedem von diesen Vorgängen zuschreiben.

Es ist also vor allem die Ausdehnung und die Fülle der Details, welche hier die beste Sicherung gegen Verwechslungen gewähren.

Für die Alpen wird heute die „Überfaltungslehre“ von dem Großteil der Geologen als die mechanische Erklärung ihres Baues angenommen.

Es ist damit in gewissem Sinne zu viel, in anderem zu wenig behauptet.

In der Form, wie sie z. B. in der neuen Geologie der Schweiz von A. Heim zur Alleinherrschaft erhoben wird, werden eine Reihe von Unstimmigkeiten verschwiegen, andere wieder völlig ihrer Bedeutung beraubt, was gewiß bei einer richtigen mechanischen Erklärung überflüssig wäre.

Andererseits enthält sie wieder, insbesondere in der sogenannten Wurzelfrage Behauptungen, welche nicht nur unnötig, sondern auch mechanisch unfolgerichtig sind.

Im folgenden möchte ich versuchen, für eine Reihe heute durch die Sorgfalt der Aufnahmen bereits genügend genau bekannter Bewegungsformen eine mechanische Ableitung zu geben.

Die Schweiz ist uns in der geologischen Erforschung der Alpen erheblich vorausgeschritten, was ich meinerseits nur rückhaltlos und für die reiche Belehrung dankbar anerkennen möchte.

Es ist daher nicht mehr als billig, für eine solche Untersuchung die prachtvollen Querschnitte zu verwenden, die jetzt durch Heims G. d. Sch. so leicht und allgemein zugänglich geworden sind. Bevor wir jedoch mit dieser Untersuchung beginnen, ist es vorteilhaft, noch einige allgemeine mechanische Überlegungen vorzuschicken.

Wenn es sich darum handelt, von einem starren Körper auf einen anderen räumlich entfernten, einen Zug zu übertragen, so benützen wir dazu eine Kette, ein Seil, eine Stange ...

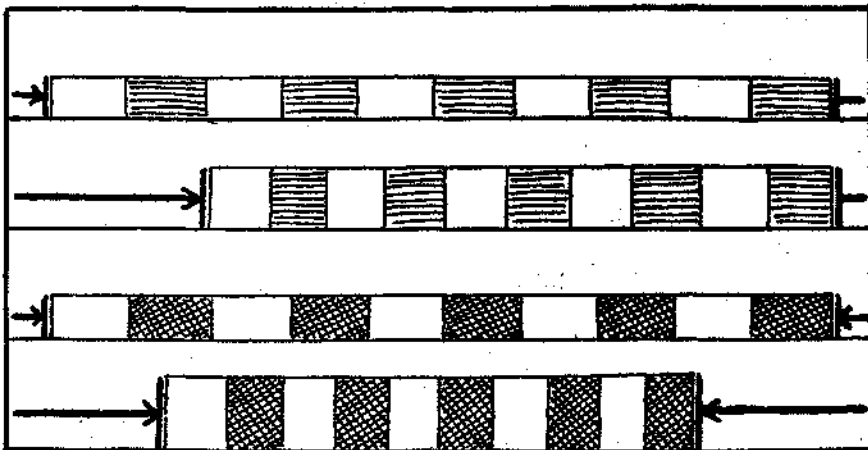


Fig. 1. Oben eine Druckkette mit einseitig vorrückendem Druck, unten eine Druckkette mit zweiseitig vorrückendem Druck.

Weil die Zerlegung in einzelne gut wahrnehmbare Glieder bei der Kette am deutlichsten ist, will ich fortan von einer Kettenübertragung reden. Niemand wird bezweifeln, daß man mit Hilfe einer Kette nur einen Zug übertragen kann, der die Kette selbst noch nicht zerreißt.

Ebenso wird man nicht bezweifeln, daß die Leistungsfähigkeit der Kette, wenn ihre einzelnen Glieder verschieden fest sind, von dem schwächsten Gliede abhängen wird.

Es ist nutzlos, noch so viele starke Glieder einzuschalten, sie werden alle durch die Schwäche eines einzigen Gliedes wertlos gemacht.

Der übertragene Zug prüft mit höchster Strenge alle Glieder durch und findet mit Sicherheit die schwächste Stelle heraus, auch wenn wir sonst kein Mittel hätten, dessen Schwäche zu erkennen.

Auch für die Übertragung von Druck oder von Drehung kann man sich der Ketten bedienen, nur müssen ihre Glieder etwas anders eingerichtet sein.

Hier interessiert uns vor allem die Übertragung von Drucken.

Auch für eine Druckkette (Fig. 1) gilt das Gesetz, daß man mit ihrer Hilfe keine Drucke übertragen kann, welche die Festigkeit der Kette selbst übersteigen.

Immerhin ist hier insofern eine Einschränkung zu machen, als eine Druckkette nach Ausquetschung von einem oder mehreren Gliedern durch fortdauerndes Nachrücken des Schubes wieder geschlossen und weiter übertragungsfähig gemacht werden kann. Dadurch unterscheidet sich eine Druckkette von einer Zugkette, welche einmal gesprengt durch dieselbe Kraftanordnung nicht mehr geschlossen werden kann. Die Druckkette mit ihrer strengen gegenseitigen Abhängigkeit von Glied zu Glied veranschaulicht uns in einer sehr klaren Weise die Beziehungen, wie sie innerhalb eines ein- oder zweiseitigen Pressungsgebietes herrschen müssen.

Man kann kein Glied herausnehmen oder auch nur verändern, ohne damit nicht auch die Nachbarglieder, ja die ganze Druckkette in Mitleidenschaft zu ziehen.

Machen wir nun die Annahme, daß in unserer Druckkette (Fig. 2) schwächere und festere Glieder miteinander abwechseln.

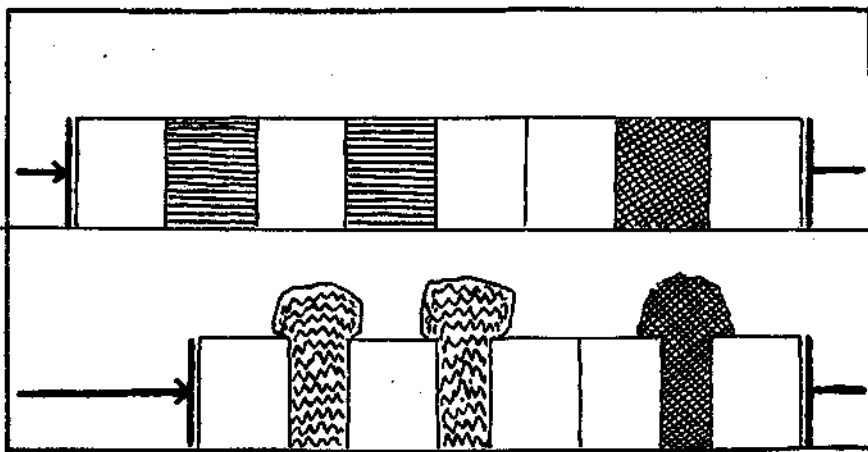


Fig. 2. Druckkette mit ungleich festen Gliedern. Bei stärkerer Pressung tritt Verfaltung von geschichteten und Zertrümmerung von ungeschichteten Gliedern ein.

Versuchen wir nun mit dieser Kette Drucke weiterzuleiten, so geht dies anstandslos bis zu einer Höhe, welche die Festigkeit des schwächsten Gliedes eben noch nicht erreicht.

Beim Überschreiten dieser Festigkeitsgrenze vermag das betreffende Glied seine Form nicht mehr zu behaupten und es tritt ein Ausweichen aus der Pressungszone, am leichtesten senkrecht zu derselben ein.

Ist das Material faltbar, so werden wir hier beginnende Faltung bemerken oder es fängt an ihrer Stelle Zertrümmerung an.

Im allgemeinen tritt durch Zertrümmerung oder Faltung eine so erhebliche Schwächung des Kettengliedes ein, daß erst mit der Ausquetschung oder der Hochfaltung die Druckübertragung wieder voll geschlossen erscheint.

Steigt der Druck noch weiter an, so kommen nun die nächstschwachen Glieder mit Zertrümmerung oder Faltung an die Reihe.

Wenn wir an beiden Enden unserer Druckkette gleichlaufende Manometer einschalten und eine einseitige Druckübertragung stattfindet, so bemerken wir erst ein allmähliches Ansteigen des Druckes auf der Erregerseite, das sich, solange die Kette gut funktioniert, auch auf die Empfängerseite überträgt.

Im Moment der beginnenden Zerbrechung oder Faltung eines Gliedes sinkt die Druckübertragung und die Manometer verlieren von ihrer Spannung. Rückt der erzeugende Schub aber entsprechend nach, so kann sich nach einiger Zeit die Druckkette wieder schließen und die alte Spannung oder noch eine höhere erreicht werden.

Diese Anordnung der Druckkette zeigt zunächst, daß bei einer Verbindung von schwächeren und stärkeren Gliedern unbedingt zunächst die schwächeren zerdrückt oder verfaltet werden, wogegen die festeren ihre Form noch zu behalten vermögen.

Weiter zeigt sich, daß beim Vorhandensein einer Ausweichgelegenheit gegen oben die schwächsten Stellen einer solchen Druckkette am höchsten emporgedrückt werden.

Durch eine solche Hochpressung oder Engfaltung ist es auch möglich, eine neue Verfestigung zu erreichen, die sogar die Wiederaufnahme der vollen Druckübertragung gestatten kann.

Was geschieht nun aber, wenn in einer Druckkette die einzelnen Glieder recht verschiedene Höhen haben? (Fig. 3).

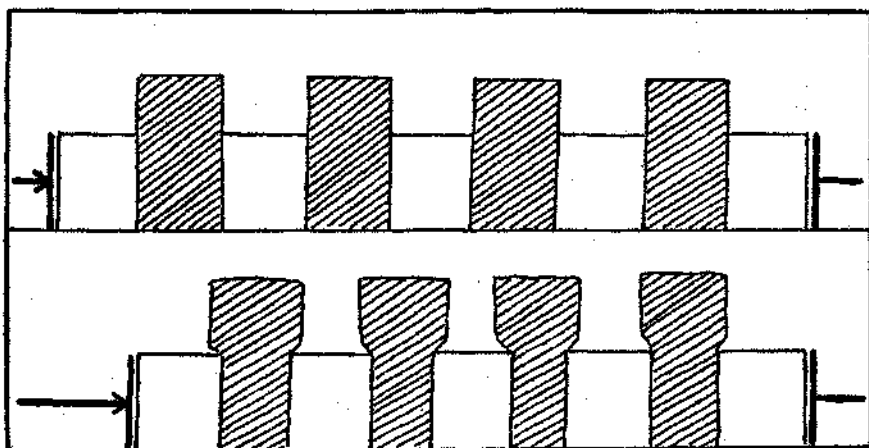


Fig. 3. Druckkette mit ungleich hohen Gliedern. Bei entsprechend starker Pressung weichen die vorragenden Glieder nach oben hin aus.

Hier bildet sich anschließend an die niedrigsten Glieder eine untere geschlossene Druckkette aus, aus der sich einzelne höher aufragende Teile mehr minder weitgehend entziehen.

Überschreitet der Druck die Festigkeit einzelner Kettenglieder, so ist es möglich daß die aufragenden, nicht eingespannten Oberteile noch ihre Form zu bewahren vermögen, während vielleicht ihre Unterteile bereits zermalmt oder verfaltet werden. Es wäre auch möglich daß sich z. B. in den so eingespannten Unterteilen eine deutliche „Druckschieferung“ entwickelt, die sich dann in den nicht eingespannten Oberteilen teilweise oder ganz verliert (Fig. 4).

Die Druckkette mit höheren und niedrigeren Gliedern ist unmittelbar mit einer Faltungszone vergleichbar. Hier bilden die Sättel und Mulden die jeweils verschieden hohen Glieder.

Will man eine solche Faltenkette als das Ergebnis einer Pressung, also einer geschlossenen Druckleitung verstehen, so muß man auch zugestehen, daß z. B. ein Weiterwachsen von Falten durch eine

Vereinigung mehrerer benachbarter Falten für diesen Mechanismus ausgeschlossen ist.

Es sind in einer derartigen Druckkette die aufragenden Sättel zu einem großen Teil aus der Druckspannung befreit. Es ist daher nicht möglich, durch Steigerung des Druckes die bereits entspannten Teile wieder in die Hochspannung hineinzuziehen.

Bei weiterer verstärkter Pressung werden nur die Mulden noch enger, die Sättel noch höher werden. Niemals aber werden aus den Mulden Sättel und aus den Sätteln Mulden gemacht werden können.

Ein vorläufiges Endziel einer solchen Preßfaltung wird mit der Senkrechtstellung aller Schichtglieder erreicht.

So zeigt sich, daß im Rahmen einer geschlossenen strengen Druckleitung die einzelnen Falten für sich Elemente und Eigenheiten sind, die beim Fortgang der Pressung zwar mannigfach deformiert, aber nicht ineinander übergeleitet werden können.

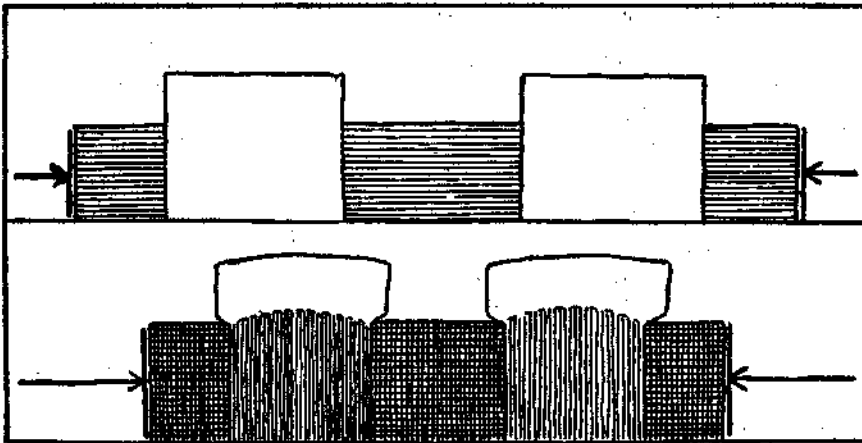


Fig. 4. Druckkette mit ungleich hohen Gliedern. Bei starker Pressung heben sich die aufragenden Teile heraus, während im Bereiche der geschlossenen Druckkette „Druckschieferung“ auftritt.

Es ist also schon die erste Faltenanlage gleichsam für das ganze weitere Faltenleben entscheidend, indem dadurch die gehobenen und gesenkten Räume abgeteilt werden.

Die weitere Entwicklung liegt nun im Rahmen dieser ersten Gliederung der Bereiche, die fortan einen eigenen Haushalt zu führen haben und nicht mehr wesentlich gegeneinander verschoben werden.

Ein Beweis, wie sehr jede so entstandene Falte Individuum ist und bleibt, liegt in dem häufigen Auftreten von verdünnten Mittelschenkeln und verdickten Umbiegungen. Aus mehreren derartig ausgestatteten Nachbarfalten müßte durch Vereinigung zu einer größeren Falte wohl das Bild von Fig. 5 hervorgehen, daß kaum zu finden ist.

Daher ist es nicht so einfach, etwa aus vielen klein angelegten Falten durch Drucksteigerung allmählich eine große Falte herauszubilden. Innerhalb einer Druckkette ist aber andererseits die Anlage einer sehr weit gespannten Großfalte auch wieder nicht zu erreichen.

So kommen wir zu dem Ergebnis, daß große einheitliche Falten nicht im Rahmen einer geschlossenen Druckkette zustande kommen

können. Nun ist jedoch an der Existenz von großen Liegfalten nicht zu zweifeln.

Also müssen sie anderer mechanischer Abkunft sein. Legen wir uns einmal die Frage vor, was zu tun wäre, um eine solche liegende Riesenfalte zu bauen.

Es müßte zunächst ein geeignetes Baumaterial in großer Menge, ein genügend weiter Bauraum, entsprechende seitliche Unabhängigkeit sowie eine genügende Baukraft vorhanden sein. Was das Baumaterial betrifft, so ist klar, daß für eine derartige Faltung nur wohlgeschichtetes Material, nicht etwa große ungeschichtete Granitmassen oder Kalk- und Dolomitstöcke zu brauchen sind. Auch ein bereits früher durchfaltetes, Gesteinsmaterial ist für eine so lebhafte Durchbiegung unbrauchbar, weil seine alten querlaufenden Strukturen außerordentlich störend wirken würden.

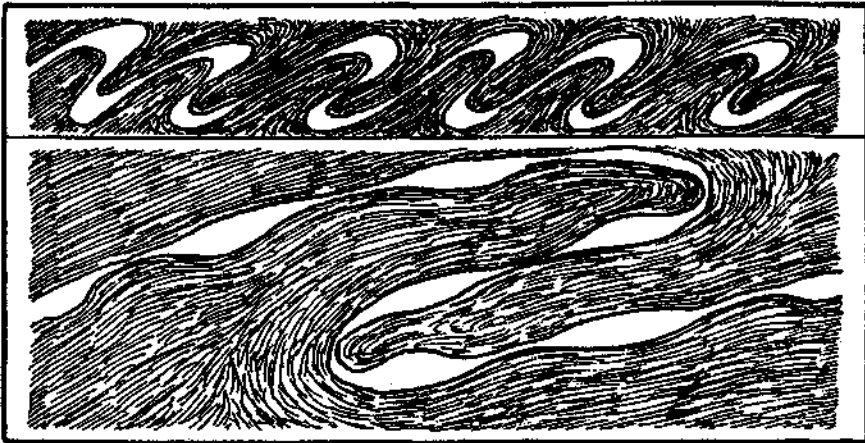


Fig. 5. Die große untere Falte soll aus einer Vereinigung der oberen Kleinfaltenreihe entstanden sein. In einer solchen Liegfalte ist dann das einfache Verhältnis von verdünnten Schenkeln und verdickten Umbiegungen nicht mehr möglich.

Man kann hier die Gesetzmäßigkeit aussprechen, daß zwar für Schubmassen häufig altgefaltetes Material Verwendung findet, für liegende Falten jedoch nicht.

Das geeignetste Material bieten hier entweder mächtige Meeres-sedimente oder reiche vulkanische Serien.

Der Bauraum ist wenigstens zu einem sehr großen Teil ja schon mit dem Ablagerungsraum gegeben, da ja unser Bauwerk an Ort und Stelle seiner Sedimentbildung errichtet werden soll.

Die weitgehende seitliche Unabhängigkeit kann nur entstehen und eingehalten werden, wenn es gelingt, das Bauwerk der Einspannung in den allseitigen Druck und Zusammenhang des Erdgewölbes zu entziehen.

Dies setzt eine Ablösung vom Untergrund und in einer Richtung wenigstens auch von der seitlichen Umgebung voraus.

Von der Baukraft wissen wir nur, daß sie entsprechend groß sein muß, um die ganzen Gesteinsmassen heben und falten zu können. Mit diesen Vorbereitungen ist aber noch nicht alles getan.

Wie wir wissen, gelingt es nicht, die normal festen Gesteinsschichten in freiem Zustande ohne grobe Zerbrechung zu biegen.

Daher müssen wir unser ganzes System erst unter den entsprechenden Druck setzen und wahrscheinlich auch höhere Temperaturen und den Zusatz von reichlichen Lösungen verwenden, um vollkommene Überfaltungen erzeugen zu können.

Die Unterdrucksetzung bringt übrigens ja schon an und für sich eine Erwärmung hervor, sofern man dazu nicht gerade das kalte Wasser eines tiefen Meeres heranzieht.

Wie groß übrigens der Druck sein muß, bis eine halbwegs glatte Biegung der Schichten ohne grobe Zerbrechungen gelingt, ist derzeit nicht genauer bekannt.

Wahrscheinlich genügt bereits die Überlagerung einer etwa 3 km mächtigen Gesteinsdecke. Die Erwärmung wäre hier ungefähr 100°, immerhin schon Siedetemperatur des Wassers.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich zunächst mit Notwendigkeit die Folgerung, daß eine heute irgendwo im Gebirge freiliegende Überfaltung nur unter einer solchen Deckschubmasse (dem *Traineau éraseur* Termiers) entstanden sein kann, somit hier das Profil noch um eine solche Schubmasse reicher gewesen ist. Weiter ergibt sich auch daraus, daß in unserem Alpengebäude z. B. nicht Überfaltungsdecken, sondern nur Schubmassen das Hangende gebildet haben können, was bei den Konstruktionen der Nappisten häufig nicht beachtet wird.

Um nun den ganzen so vorbereiteten Mechanismus in Tätigkeit zu versetzen, ist es nötig, ein entsprechend großes Stück der Erdhaut vom Untergrund abzulösen und in Bewegung zu bringen.

Der Motor dazu kommt aus dem heißen Erdinnern und soll uns hier nicht weiter in Anspruch nehmen.

Die Umformung der Innenbewegung in eine Außenbewegung geschieht am einfachsten durch Herauswölbung eines Sattels und Absenkung einer entsprechend breiten und tiefen, in der Bewegungsrichtung vorgeschalteten Mulde.

Damit ist bereits eine weitgehende Ausschaltung aus dem Spannrahmen des Erdgewölbes erreicht und damit die Möglichkeit zur Entwicklung der großen einseitigen Bauformen gegeben.

Im weiteren Fortschritt der Herauswölbung zerreißt dann der Sattel an seiner einseitigen Biegung bis in jene Tiefe hinab, in welcher bereits Biege- und Fließfähigkeit aufzutreten beginnt. So kann beim Zusammentreffen mehrerer günstiger Umstände die Bedingung zur Entstehung von großen Liegfalten gegeben sein.

Die abgespaltene obere starre Deckschicht setzt ihre Wanderung fort, wobei die tieferen Schichten förmlich zu langen Walzfalten umgewandelt werden.

Durch diese Umwandlung erlangt das ganze System ein hohes Maß von Beweglichkeit, das natürlich dann zu besonderer Entfaltung kommt, sobald sich in der Schubrichtung etwa noch ein die Bewegung förderndes Gefälle einstellt. Wir halten also zunächst folgende innere Zusammengehörigkeit von Einzelakten zu einem großen mechanischen Vorgang fest.

Es entsteht als Reaktion des warmen motorischen Erdinnern auf die träge Erdhaut eine mächtige Senkung und Hebung, beide einander mit betonter Einseitigkeit zugeordnet.

Als Weiterbildung dieser Einseitigkeit bildet sich eine tief ins Erdinnere hinabgreifende Bewegungsbahn heraus, an der in den Alpen das südlichere Gebiet über das sinkende nördliche in Bewegung versetzt wird.

Bei dieser Bewegung verhält sich nun die oberste starre Zone wesentlich anders, als die tieferen plastisch formbaren Massen. Es scheidet sich eine Mechanik von starren, oberen Schubmassen von einer tieferliegenden Zone, in welcher eine Wirbelmechanik zur Ausbildung gelangt.

In dieser Zone können sich je nach den lokalen Verhältnissen eine große oder mehrere kleinere sich ablösende Walz- und Rollfalten bilden, welche zugleich dem oberen starren System eine große Beweglichkeit verleihen.

Eine Steigerung dieser Erscheinungen ist zu erwarten, wenn sich Schubrichtung und Gleitgefälle gegenseitig unterstützen.

Die Schubkraft ist dabei natürlich immer so groß, daß sie auch ein entgegengerichtetes Bahngefälle wohl zu bewältigen vermag.

Für die Bildung dieser Falten wird hier also nicht eine Einspannung in eine Druckleitung, sondern eine Wirbelbewegung herangezogen, welche entsteht, wenn in einem bewegten Schichtsystem die hangenden oder die liegenden Schichten in der Bewegungsrichtung vorseilen.

Betrachten wir diese Verhältnisse genauer, so erkennen wir, daß bei einem Vorseilen der Hangendschichten (Fig. 6) eine Einrollung entstehen muß.

Es bildet sich eine Walze oder eine Nudel mit mehr minder horizontaler Achse heraus, die trotz vielfacher Ähnlichkeit keine Falte im früheren Sinne mehr ist.

Sie unterscheidet sich wesentlich von der früher beschriebenen Falte, da sie die Möglichkeit eines ungehemmten Wachstums in sich trägt, sofern sich nur die günstigen Bedingungen dafür lange genug erhalten und nicht eine Ablösung durch eine andere Walze dazwischen greift. Für diesen Mechanismus ist die Erzeugung von Liegfalten aller Dimensionen keine Schwierigkeit und ihre Ausmaße hängen nur von dem mehr oder weniger günstigen Zusammenwirken der Begleitumstände ab.

Aus dem Drehsinn der Walzfalten kann man die Richtung der vorseilenden Hangendbewegung oder der zurückbleibenden Liegendbewegung mit Sicherheit erschließen.

Mit diesem Drehsinn der Walzen ist aber auch noch eine Tendenz zur Hebung oder Senkung der gebildeten Faltenstirnen verbunden (Fig. 6).

Die Falten, welche durch ein Vorseilen der Hangendmassen entstehen, müssen sich, ihrer inneren Struktur folgend, gegen abwärts krümmen und so versuchen, sich in den Untergrund einzubohren.

Umgekehrt werden Walzfalten, welche durch ein Vorseilen des Untergrundes entstehen, sich nach aufwärts zu krümmen versuchen.

So ergibt sich bei dieser mechanischen Ableitung der Roll- oder Walzfalten nicht nur die Möglichkeit zu ausgiebigem Wachstum, sondern auch ein mit der erzeugenden Bewegung streng verbundener Drehsinn und damit weiter eine Tendenz zur Senkung oder Hebung der gebildeten Faltenstirnen.



Außerdem braucht man das Liegen dieser Falten nicht erst durch ein besonderes Umbiegen zu erklären, weil es vom Anfang an ihre natürliche Stellung war.

Es liegt auf der Hand, daß dieser Mechanismus für jegliche Änderungen der Geschwindigkeiten, der Richtungen, der Bahnneigungen, der Reibungen, der Temperaturen, der Löslichkeiten, der ganzen Materialbeschaffenheit eine hohe Empfindlichkeit besitzt. Wir werden daher auch von den Produkten dieser Mechanik eine große Buntheit und eine lebhaftige Gestaltung, also gleichsam „hochnervöse Zonen“ zu erwarten haben.

Während das Endziel aller einfachen Pressungsmechanik in einer Senkrechtstellung der gefalteten Schichtglieder, also einer höchst simplen Anordnung besteht, ist hier eine unübersehbare Mannigfaltigkeit von

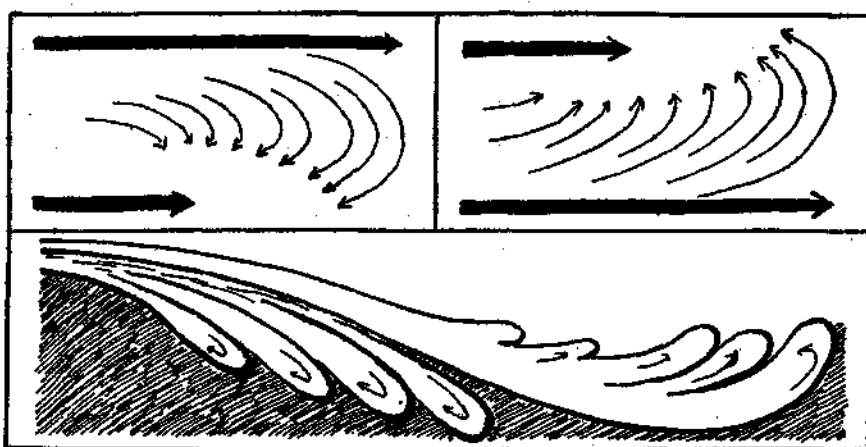


Fig. 6. Die zwei oberen Schemen sollen einerseits die Wirbelbildung zwischen ungleicher Hangend- und Liegebewegung, andererseits die jeweils auf- oder absteigende Tendenz der Rollfalten veranschaulichen. Das untere Schema zeigt eine geteilte Bewegungsmasse. Im unteren Teil eilen die Hangendmassen voraus, im oberen dagegen bleiben die Hangendmassen zurück.

Formen ermöglicht, wobei auch die einzelnen Elemente viel lockerer miteinander verbunden erscheinen.

Für die Pressungsfaltung wird man im allgemeinen Einförmigkeit der Formen und langes Ausharren in der Streichrichtung als charakteristisch ansehen können.

Für die Walz- und Fließfaltung wird im Gegenteil eine buntbewegte Formenwelt und große Unregelmäßigkeit im Streichen bezeichnender sein. Während eine Faltung im Pressungsrahmen des Erdgewölbes wohl nur eine Ausweichmöglichkeit nach oben besitzt, ist bei der hier betrachteten Walzfaltung ein Ausweichen fallweise nach allen Richtungen möglich.

Es wird in einem derart bewegten, also gleichsam strömenden Schichtsystem gewiß nicht nur in vertikaler, sondern wohl auch in horizontaler Richtung Wechsel in der Geschwindigkeit zu gewärtigen sein.

Während der erstere die ursprünglich horizontalen Schichten zu Walzfalten umformt, verbiegt und deformiert der letztere die Achsen dieser Walzen.

Eine regelmäßige weithin streichende Walze kann sich nur entwickeln, wenn dieselbe eine ungefähr horizontale und geradlinige Achse hat. Verbiegt sich diese Achse indem z. B. die seitlichen Teile etwas gegen die Mitte zurückbleiben, so kann neben der Einrollung, und zwar senkrecht dazu, ein starker Zug auftreten, welcher zu einer Längsstreckung der Walzfalte führt.

Eine solche Achsenverbiegung kann ebensogut auch nach auf- oder nach abwärts eintreten. An und für sich wäre ja auch Streckung der Achse bei einem Geradebleiben derselben denkbar. In Wirklichkeit ist dies aber gewiß nur ein seltener Ausnahmefall.

In allen Fällen wird, wenn eine solche Verbiegung zugleich zu einer Verlängerung der Walzenachsen führt, senkrecht zur Einrollung Zerrung und Streckung auftreten müssen.

Führt die Verbiegung zu einer Verkürzung der Achse, so wird umgekehrt eine Verdickung des Walzenkörpers herbeigeführt werden.

Da in den Alpen im allgemeinen die Bewegung aus einem engeren Bogen in einen weiteren hinausströmt, so wird man hier dementsprechend auch vorherrschend eine Streckung der Walzfalten zu erwarten haben.

Eine solche Streckung von Walzen ist z. B. in den westlichen Tauern von B. Sander sehr anschaulich und eingehend geschildert worden. Sie geht hier mit einem lebhaften Achsengefälle von O nach W zusammen.

Die Streckung kann von den größten Dimensionen bis zu ganz kleinen herab sich entwickeln.

Das Auftreten einer so ausgesprochenen Streckung senkrecht zur Einrollung ist ebenfalls wieder ein untrügliches Anzeichen einer freibeweglichen Ausbildungsweise.

Im Rahmen einer geschlossenen Druckleitung ist ein derartiges seitliches Ausweichen unmöglich. Es kann daher eine Streckung vorzugsweise nur in der Richtung der Faltung, also senkrecht zu der Faltenachse, zur Entwicklung kommen (Fig. 7).

Bisher haben wir in unserem Bewegungssystem vor allem mit der Ungleichheit von Bewegungen gerechnet und ihre Folgewirkungen abzuschätzen versucht.

Es ist noch zu bedenken, daß auch eine Ungleichzeitigkeit von Beginn und Ende einer Bewegung zu ähnlichen Wirkungen leiten kann. Kommt z. B. in einer bewegten Masse die Unterlage früher zum Stillstand als ihre Hangendmasse, so wird dadurch an eine früher vielleicht gleichmäßige Bewegung noch eine nach unten gekrümmte Einrollung angeschlossen.

Das Umgekehrte tritt ein, wenn die Hangendzone früher zum Stillstand kommt als die Liegendmassen. Hier wird wieder eine aufsteigende Krümmung zu erwarten sein.

Auch bei Ungleichzeitigkeit des Beginnes der Bewegung werden ähnliche Wirkungen zu verzeichnen sein.

Ein weiterer tiefgreifender Unterschied zwischen der Pressungs- und der Walzfaltung kommt dadurch zur Geltung, daß bei der ersteren die Verbindung von Mulde und Sattel eine notwendige und regelmäßige ist, während dies für die letztere nicht mehr gilt. Eine Walzfalte kann

sich allein einrollen und von ihrer einstigen Fortsetzung vollständig abreißen. Es ist besonders bei lebhafter Fließfaltung, also in Gebieten wo Gefälle und Bewegung sich gegenseitig unterstützen, sogar recht wahrscheinlich, daß sich die einzelnen Walzen voneinander losmachen und bis zu einem gewissen Grad gegenseitig unabhängig werden können.

Daher ist es auch ein vergebliches Beginnen, die Reste von solchen Walzen etwa zu geschlossenen Faltenzügen zu ergänzen und anzunehmen, daß zwischen denselben körperliche Verbindungen bestanden haben.

Hier stellt, wie B. Sander mit Recht betont hat, häufig keine abgetragene Masse, sondern nur eine Bahnfläche die Verbindung zwischen zwei so getrennten Formelementen dar.

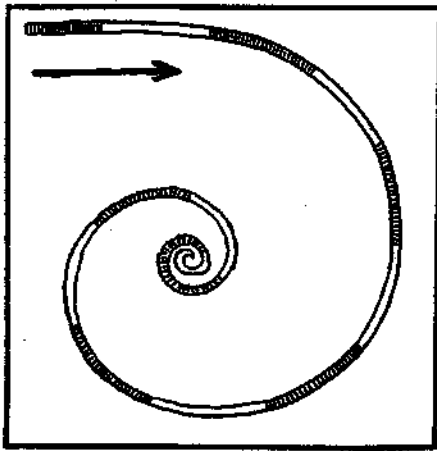


Fig. 7. Übergang der Bewegung aus einer weiter gekrümmten Bahn in eine immer engere.

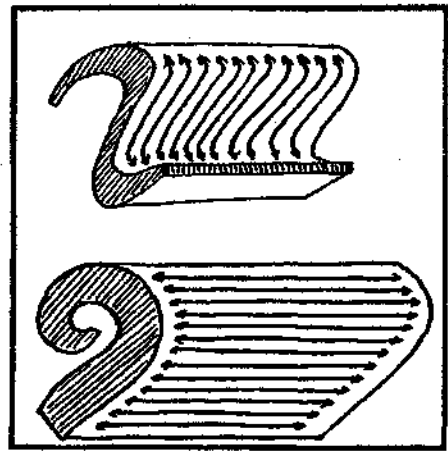


Fig. 8. Das obere Schema zeigt die Anordnung der Zerrung in einer durch Pressung im Spannrahmen erzeugten Falte. Die Zerrungen stehen hier zur Faltenachse senkrecht. Das untere Schema zeigt die Anordnung der Zerrung in einer durch Einrollung erzeugten „Faltenmudel“ wenn eine Verlängerung der Nudelachse eintritt.

Wer die Gebilde eines derartig freibeweglichen Schiebens, Wälzens und Fließens im Sinne einer Pressungsmechanik miteinander verbinden will, der bringt nicht nur einen fremden Stil in dieses Bewegungssystem hinein, er wird auch zu geradezu ungeheuerlichen Ergänzungen und damit zu ebenso großen Gebirgsabtragungen verführt, für die sich rings um die Alpen keine sedimentären Kredite auftreiben lassen.

Bei lebhafter Fließbewegung ist auch die Möglichkeit eröffnet, daß bei einer Einrollung Teile aus einem Bogenstück mit größerem Krümmungsradius auf einen solchen mit erheblich kleinerem hineingedrängt werden.

Dies hat zur Folge, daß hier scheinbar eine raschere Umdrehung erfolgt, weil eben dieselbe Geschwindigkeit auf eine enger gekrümmte Bahn verlegt wird. Diese Erscheinung (Fig. 8) ist bei Wasserwirbeln oft prachtvoll ausgebildet.

Bei der Übertragung auf bewegte Gesteinsmassen kann man natürlich nur mit einer vielfach geringeren Geschwindigkeit und viel höheren

Reibung rechnen. Immerhin zeigen sich nicht selten hiehergehörige Erscheinungen, indem wir z. B. einer Einrollung begegnen, die von einer weiten Krümmung rasch auf eine engere übergeht.

Bei diesem Übergang erkennen wir nun eine sonst ganz unmotivierte, überaus lebhafte Verschlingung und Verwicklung, welche eben der Ausdruck dieser auf enggekrümmte Bahn übertragenen Bewegung ist. Hier sind sogar mehrfache Umdrehungen möglich.

Nach diesen Ausführungen über die liegende Walzzone haben wir uns noch etwas näher mit der Struktur der oberen Deckschubmassen zu beschäftigen. In einer Deckschubmasse ist, wenigstens solange sich nicht einzelne Teile losreißen und abgleiten, eine geschlossene Schubleitung (keine Einspannung) vorhanden. Die hinteren Teile dieser Schubmasse müssen die vorderen schieben.

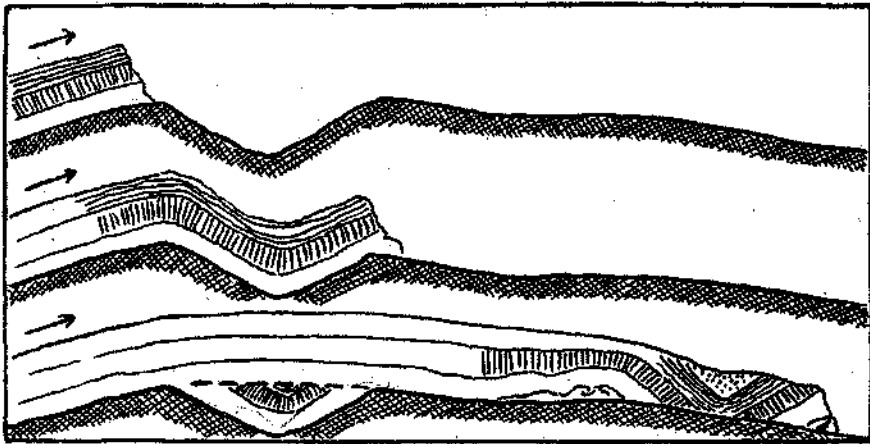


Fig. 9. Vormarsch einer Schubmasse über ein Relief. In der schematisch angedeuteten Talfurche bleibt ein Teil dieser Schubmasse infolge großer Reibung liegen und die hinteren Teile rücken darüber vor. An der Stirne der Schubmasse entsteht so eine „Mulde ohne Sohle“.

Es wird daher von der Stirne der Schubmasse nach rückwärts innerhalb derselben während der Bewegung ein steigender Druck sich einstellen müssen.

Zerrißt diese Schubleitung, so werden eben die vorderen Massen liegenbleiben und die hinteren steigen über dieselben empor.

So kann es sehr leicht dazu kommen, daß sich eine ursprünglich einfache Schubmasse zu einer mehrfachen verschuppt.

In den nördlichen Kalkalpen ist diese Art von Mechanik geradezu herrschend.

Während bei der intensiven Umfaltung in der liegenden Walzzone alte Strukturen verlorengehen, kann eine Deckschubmasse solche weit- hin ziemlich unverändert, beinahe wie ein Gletscher seine erratischen Steine verfrachten.

Durch verfrachtete altgepreßte Gneismassen kann z. B. wie in der Silvretta . . . leicht der Anschein eines autochthonen Massivs hervorgerufen werden.

Für die Ausgestaltung einer Schubmasse ist weiter die Neigung, Unregelmäßigkeit und Reibung der Schubbahn von großer Bedeutung.

Im aufsteigenden Teil der Bahn kann es bei entsprechender Reibung . . . wohl dazu kommen, daß Teile der Liegendzone abgeschert werden und zurückbleiben.

Dies ist auch eine Erklärung für die Abschrägungen und Fehlzonen (Fig. 9), wie wir sie in dem Strukturbild von Schubmassen häufig treffen.

Nachdem sich z. B. solche Abschrägungen an der ganzen Südgrenze der nördlichen Kalkalpen einstellen, so muß auch diese Grenze bereits einen weiten Weg zurückgelegt haben.

Versuchen wir nun, mit diesen Hilfsmitteln den in Fig. 10 vorgelegten Querschnitt durch die Westalpen zu untersuchen.

Es ist dieser Querschnitt eine verkleinerte Kopie aus der Geologie der Schweiz von Albert Heim, der durch seine Übersichtlichkeit und Klarheit für eine solche Betrachtung seiner Mechanik besonders geeignet erscheint.

Der Bequemlichkeit halber habe ich diesen Querschnitt in eine Reihe von Stücken zerlegt, die jeweils durch ihre innere Struktur als Zusammengehörigkeiten sich leicht begreifen und abgrenzen lassen.

Damit soll nicht behauptet sein, daß diese mechanischen Einheiten bei noch genauerer Einsicht und Prüfung nicht noch weiter zerlegbar sind.

Eine erste Übersicht ergibt sofort die Zerlegung in Gebiete mit Pressungstektonik und in solche, die lediglich Absenkung oder Fließtektonik erkennen lassen.



Schematisierter Querschnitt der Schweizeralpen vom Jura zur oberitalienischen Ebene.

Fig. 10. I = Altgepreßte Masse des Schwarzwaldes mit Juradecke.

II = Senkraum der Molasse.

III = Flysch samt Walzfalten und Deckschubmassen.

IV = Altgepreßte Masse des Aarmassiv — tertiäre Überwältigung.

V = Simplonzone — Gneisauchfalten.

VI = Zone von Jvrea — Hauptförderzone.

VII = Altgepreßtes Gneisgebirge samt Südalpen-Trias-Kreide.

VIII = Senkraum der oberitalienischen Ebene.

In der Kette bedeuten: Zickzacklinien = Pressungszonen, horizontale Striche = Senkungszonen, Nichtfaltung, vertikale Pfeile = Hauptmassenförderung, schräge Pfeile = Fließ- und Walzfaltung. Mit Ausnahme von VII und VIII sind alle anderen Zonen durch schräge oder vertikale Schubbahnen voneinander getrennt.

Die Möglichkeit einer solchen Zerlegung lehnt bereits die vielfach vertretene Meinung ab, daß die Alpen als ein Gebilde der direkten Erdkontraktion, also als eine geschlossene Druckkette aufzufassen sind.

Das Nebeneinander von gepreßten, geflossenen, gesenkten und ungefalteten Zonen ist mit einer solchen Ableitung vollkommen unvereinbar.

Bei näherem Zusehen wird der Gegensatz zu einer geschlossenen Druckkette noch viel schroffer.

Es ist nämlich von jenen Zonen, die für eine Pressungsmechanik zunächst in Betracht kommen, sicher noch ein sehr, sehr großer Teil gar nicht auf Rechnung der tertiären Gebirgsbildung zu setzen, sondern von viel älterer Herkunft.

Dies ist sowohl bei den sogenannten autochthonen Massiven (die wohl auch keine sind), wie in dem altkristallinen Gebirge an der Südseite der Alpen der Fall, wo wir prachtvolle Profile besitzen, welche eine Senkrechtfaltung dieser Gneisgebiete sowie eine Einebnung vor der Auflagerung der Trias sicherstellen.

Außer dieser paläozoischen Faltung kann aber auch noch Kreidefaltung in diesen Massiven stecken, so daß für die jungtertiäre Faltung auch in diesen Räumen kein hoher Prozentsatz mehr übrigbleibt. Ebenso überraschend ist auch die weitere Feststellung, daß gerade die höchst aufragenden Teile des Profils aus den festesten Gesteinen, die tiefliegenden dagegen ausnahmslos aus viel weicheren Massen bestehen.

Dabei hat die Erosion ohnehin von den harten Aufragungen viel mehr entfernt, als von den weichen Senkungszonen. Es war also das ursprüngliche Verhältnis ein noch schrofferes. Das ist geradezu eine Umkehrung der mechanischen Verhältnisse, wie sie in einer geschlossenen Druckkette aus einem Nebeneinander von festen und weichen Gliedern hervorgehen müßte.

Hier hätten wir zwischen den altgefalteten festen Gneismassen unbedingt eng und hoch gefaltete Zonen von weicheren Schichten, wie z. B. Bündnerschiefer, Flysch und Molasse zu erwarten.

Es ist keine derartige Anordnung vorhanden und wir schließen, daß die tertiäre Gebirgsbildung nicht aus einer Zusammenpressung und Einspannung in dem Rahmen des Erdgewölbes hervorgegangen sein kann.

Einen weiteren schönen Beweis für diese Behauptung, welche wohlgemerkt noch lange keine Ablehnung der Erdkontraktion an sich bedeutet, liefern uns die zwei prachtvollen Freifließzonen, von denen die eine im Norden des Aarmassivs liegt, die andere die Tauchdecken der Simplonzone umfaßt.

Die Fließ- und Walzfaltenzone an der Nordseite des gewaltigen Aarmassivs gehört nicht nur zu den schönsten, sondern auch zu den mechanisch klarsten Gebieten der ganzen Alpen.

Zugleich besitzen wir von diesem Gebiete eine Reihe von ausgezeichneten modernen Darstellungen, an denen man sich gerne erfreut.

Wir finden hier teilweise in gigantischen Ausmaßen die von uns für eine Steigerung der Fließtektonik geforderten Verhältnisse, also eine hohe Schwelle, welche von großen Schubmassen überschritten wurde, eine tiefe Mulde, in welche diese Massen herabgleiten konnten. Wir

finden auch die Forderung erfüllt, daß die Walzen nur unter schweren Schubmassen entstehen können, wir sehen die Walzen im Sinne der Überschiebung ihre Stirnen in die weiche Unterlage pressen, wir sehen aber auch das Aufbranden der Walzfalten, wenn die Bewegung in den unteren Massen die oberen überholt.

Es ist hier nicht der Ort und Raum, um auf die prächtigen Beispiele einer unerhört lebendigen und anschaulichen Fließtektonik näher einzugehen.

Jedenfalls ist aus diesen von den Schweizer Alpengeologen muster­gültig erforschten Profilen eine hohe Summe von Belehrung ausgegangen, die niemand entbehren kann, der sich für die Mechanik der Erde näher interessiert.

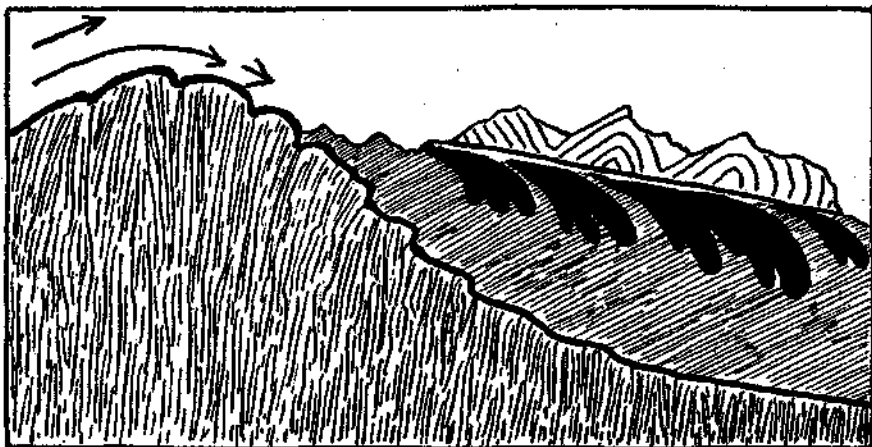


Fig. 11. Kombination einer Schwelle aus altgepreßten Gesteinen mit einer von jungen Schichten erfüllten Senkzone. Durch Schiebung wird eine große Gesteinsmasse auf diese Schwelle gehoben und gleitet von da in die Senkzone herab. Dabei bildet sich der Liegendteil zu Walzfalten, der Hangenteil zur Deckschubmasse aus.

Wenn sich vielleicht auch innerhalb der sedimentären Alpen kaum mehr eine Zone von derartiger Lebhaftigkeit und derartigem Schwung der Gestaltung findet, so haben wir doch eine große Reihe von ähnlichen Gebieten, die sich von hier aus sehr gut beleuchten lassen.

Das Charakteristische bleibt, daß eine große Gesteinsmasse über eine Schwelle geschoben wird und von dort nun vielleicht selbsttätig in einen Senkungsraum hinabgleitet. Dabei bilden sich in den tiefen plastischen Abteilungen des großen Schubkörpers eben jene Einrollungen und Walzfalten heraus, die wir schon früher beschrieben haben.

Aus den Ostalpen sind sie vor allem aus den Lechtaler Alpen bekanntgeworden.

Auch hier stimmt ihr Auftreten streng mit den obigen mechanischen Forderungen überein. Sie sind hier in eine gewaltige, langgedehnte Kreidemulde von S hereingeschoben und stecken nun als Tauchfalten kopfüber in den Kreidemergeln.

Hierher gehören die Zimba, die prächtigen Tauchfalten des Spuller­alpkopfs, der kühne Zahn der Rockspitze, der Stanzkogel, Malatschkopf, Feuerspitz-, Freispitzgruppe. . . .

Die Überlagerung durch eine hangende Schubmasse ist entweder wie in der Freispitz- und Feuerspitzgruppe noch unmittelbar, wenn auch nur in letzten Restchen zu sehen oder es ist diese Schubmasse unmittelbar benachbart im Norden der Tauchfalten noch erhalten. Diese Aufschlüsse sind nicht nur für die innere Zusammengehörigkeit der verschiedenen Bewegungsakte, sondern auch für ihren Umfang sehr belehrend.

Wir erkennen, daß die lebhaft verschlungenen und gewundenen Walzfalten nach oben nicht als Faltendecken wer weiß wie weit hin zu ergänzen sind, sondern daß sie in einer schräg darauf liegenden Deckschubmasse ihren natürlichen Abschluß finden (Fig. 11).

So gewiß es ist, daß z. B. die Walzfalten der Freispitzgruppe unter einer vielleicht noch 3 km dicken Schubmasse gebildet wurden, von der heute nur eine kleine Felsmasse am Gipfel der Rotplatte noch übrig ist, ebenso sicher haben die darunter liegenden Walzfalten eben durch diese Schubmasse ihren natürlichen Abschluß gefunden.

Dagegen ist der Schluß nicht sicher, daß hier wirklich eine 3 km dicke Schubmasse abgetragen wurde, weil diese Schubmasse ja noch weiter gewandert sein kann.

Walzfalten und Deckschubmasse gehören notwendig zusammen und bilden einen mechanischen Organismus, den man nicht auseinanderreißen kann.

Aus den Walzfalten kann man unmittelbar auf eine zugehörige Deckschubmasse schließen, während man aus einer Schubmasse nicht mit gleicher Sicherheit auf darunter liegende Walzfalten schließen kann. Für die große Kreidemulde der Lechtaler Alpen wäre übrigens ein Fernbezug dieser Tauchfalten schon deshalb unnötig, weil sie aus denselben Gesteinsserien bestehen, die auch Bestandteile dieser Mulde sind.

Man hat hier den Eindruck, daß diese Schichten durch eine höhere Deckschubmasse (Krabachjochdecke) von einer Aufwölbung abgeschert wurden, die damals unmittelbar südlich der heutigen Kreidemulde angeschlossen war.

Weiter ostwärts werden die Beispiele für eine solche Mechanik seltener.

Die schönen gewalzten Faltungen des Sonnwendgebirges sind heute wohl verständlich, nachdem es sich gezeigt hat, daß hier die Inntaldecke noch darüber gegangen ist.

Auch am Ostende der nördlichen Kalkalpen finden sich noch hiehergehörige Erscheinungen auf welche ich, wenn ihre Untersuchung abgeschlossen ist, noch einzugehen habe.

Infolge der Niedrigkeit des Gebirges und seiner tiefen Bewaldung sind jedoch diese Gebiete nicht annähernd mit der Anschaulichkeit der Lechtaler- und der Schweizer Alpen ausgestattet.

Kehren wir nun wieder zu unserem Alpenquerschnitt zurück.

Wir haben den Zusammenhang zwischen Walzfalten und Deckschubmasse sowie die Steigerung in der Lebendigkeit der Tektonik gerade an jenen Stellen erkannt, wo die Schubbewegung mit einem abfallenden Gefälle der Schubbahn sich verbindet.



Es ist also die Häufigkeit und gute Entwicklung von liegenden gerollten Falten in den Alpen vor allem an der Nordseite von großen Schwellen zu suchen.

Unwillkürlich legt man sich weiter die Frage vor, haben die Walzfalten, welche heute an der Nordseite des Aarmassivs liegen, ihre Gestaltung im wesentlichen erst beim Abgleiten von dieser Schwelle erhalten oder wurden sie schon als fertige Gebilde über dieses hohe Joch herübergeschoben.

Es ist dies mit anderen Worten die wichtige Frage, ist die Struktur der Liegfalten im Norden des Aarmassivs im wesentlichen durch Abgleiten von dieser Schwelle erklärbar oder enthalten diese Walzfalten daneben auch Formelemente, welche bereits auf früheren Wegstrecken ihrer Bildung entstanden sind.

Man muß hier also zwischen Strukturen, die in der Nähe geprägt wurden, also einheimischen, und solchen, die aus einer anderen Prägestätte hieher verschleppt wurden, also fremden, wohl unterscheiden.

Die Beantwortung dieser wichtigen Frage ist nur dem genauen Kenner dieser Gebiete auf Grund sorgfältiger Vergleiche der Strukturen möglich und muß somit den Schweizer Geologen überlassen bleiben.

Ich habe aber den Eindruck aus ihren Profilen, daß doch ein sehr großer Teil der Formelemente mit einer solchen Gleitung unter schwerem Deckdruck bereits erklärbar ist.

So erscheint mir z. B. der Bau der Säntisdecke wohl so ziemlich restlos aus einer solchen Gleitung ableitbar zu sein.

Der von Arnold Heim verwendete Ausdruck „Brandung der Säntisdecke am Nagelfluhgebirge“ scheint auch mir den Bewegungssinn dieser Gesteinsmassen glücklich auszudrücken.

Während es so gut gelingt, in den absteigenden Teilen der großen Gesteinsbewegung die beobachteten Formen mit den theoretisch geforderten in Übereinstimmung zu bringen, ist es mit den aufsteigenden Teilen nicht so günstig bestellt, weil hier die Beobachtung viel weniger Anhaltspunkte liefert.

Die Hebung der Gesteinsmassen auf die Schwellen kann nur durch innere Energie der Erde besorgt worden sein.

Man kann aber fragen, haben wir hier eine Hebung an aufsteigenden Schubbahnen oder wird dieselbe, wie z. B. A. Heim will, durch gewaltige Auf- und Auspressungen von Überfalten erreicht. Wir haben uns bereits gegen die letztere Annahme entschieden und rechnen also nur noch mit einer Hebung an Schubbahnen.

An der Südseite des Aarmassivs kommen wir in den Bereich der Rhonetalzone, die von C. Schmidt schon vor längerer Zeit als „Narbe“ bezeichnet worden ist.

Wir finden keine Fortsetzung der reichen helvetischen Zonen mehr, es stoßen hochmetamorphe Bündnerschiefer unmittelbar an die Gneismassen des Aarmassivs.

Wir haben eine gewaltige „Fehlzone“ vor uns und es kann sich wohl nur fragen, wurde hier ein breiter Schichtstreifen versenkt oder wurde derselbe vollständig aus seinen Angeln gehoben.

Heute stößt eine großartige Senkungszone im Süden an das Aarmassiv, die mit Bündnerschiefern gefüllt ist, in welche die mächtigen Tauchfalten der Simplonzone eingewickelt erscheinen.

Diese überaus interessante Senkungszone ist wieder für sich eine so vollständig geschlossene mechanische Einheit, daß man sie unmöglich etwa als Fortsetzung der Walzfaltenzone im Norden des Aarmassivs nehmen kann. Daher müssen diese Schubmassen entweder zwischen Aarmassiv und Simplonzone oder erst südlich von der letzteren gefördert worden sein.

Mir scheint eine Heraushebung aus der Rhonetalnarbe näher liegend und leichter begreiflich. Allerdings ist man gezwungen, diese Heraushebung ihrerseits wieder von der Simplonzone überdecken zu lassen, was aber der ganzen großen Nordüberflutung wohl entspricht.

So kommen wir nun zur Simplonzone selbst, einem Gebiete, dessen hochkomplexe Struktur erst verhältnismäßig spät in ihrem ganzen Umfang erkannt worden ist.

Eine riesige Arbeit ist hier von den Schweizer Hochgebirgsgeologen geleistet worden, man denke nur z. B. an die heroischen Anstrengungen, mit denen E. Argand das gewaltige Eisgebirge der Dent Blanche-Decke einer klaren Vergeistigung unterwarf.

Zunächst ist wieder die Ähnlichkeit mit der Walz- und Fließtektonik an der Nordseite des Aarmassivs unverkennbar.

Treten wir näher, so ergeben sich jedoch wichtige Unterschiede. Zunächst ist der Materialunterschied auffällig.

Die Liegfalten bestehen vor allem aus Gneisen, wenig Trias ist stellenweise mitverwendet.

Die Hüll- und Füllmasse zwischen diesen Gneisfalten bilden riesige Massen von hochmetamorphen Bündnerschiefern, deren Altersumfang noch immer unbekannt geblieben ist.

Jedenfalls ist der Gegensatz zwischen den aus festen Gneisen . . . gebildeten Liegfalten und ihrer weichen Hüllmasse ein außerordentlich großer. Betrachten wir die Alpen in ihrer Gesamtheit, so sehen wir, daß in denselben Gneise und Granite in riesigen Massen als Baumaterial in Verwendung stehen. Von diesem Material sind wieder sehr große Teile alte, senkrecht gepreßte Massen, andere junge, ungeschichtete, wenig oder gar nicht durchbewegte Granitlakkolithen, wieder andere endlich ausgedehnte vielfältige Liegfalten, wie in der Simplonzone und in den Tauern. Die Gneiswalzfalten der Simplonzone sind sowohl im Süden wie im Norden von mächtigen Zonen von altgepreßten Gneisen begleitet. Diese Vertikalpressung ist bereits vortriadisch. Wenn die vorliegenden Zeichnungen und Beschreibungen richtig sind, zeigen nun die Gneiswalzfalten der Simplonzone eine dieser jungen Faltung bis in alle Feinheiten folgsame Struktur. Das heißt, entweder wurden zu diesen Walzfalten früher ungefaltete Gneise verwendet oder es ist die altgepreßte Vertikalstruktur bei der Umformung so gut wie restlos verlorengegangen (Fig. 12).

Die erste Annahme ist höchst unwahrscheinlich.

Das letztere ist nur denkbar, wenn eine regionale Umkristallisation die alten Querstrukturen ausgelöscht und eine den neuen Bewegungen genau folgsame Neustruktur ermöglicht hat.

Es würde sich dieser Vorgang ungefähr mit dem decken, was B. Sander vom Schlibbild aus als ein „Überdauern der Teilbewegungen durch die Kristallisation“ beschrieben hat.

Außerdem kommt noch die Annahme ernstlich in Betracht, daß wir es hier mit Intrusionen zu tun haben und also ein Vergleich der Simplonzone mit dem Bergeller- und Adamellogranit näher liegt als mit altgepreßten Gneismassiven.

Die Granitmassen ersterer Massive sind als Intrusionen in eine im wesentlichen in Ruhe befindliche Gebirgsmasse vollauf verständlich.

Wären aber diese Intrusionen in eine in Bewegung und Überrollung befindliche Gesteinsmasse hinein erfolgt, so hätten sich ähnliche Bewegungsformen ergeben müssen, wie sie heute in der Simplon- und Tauernzone offen vor unseren Augen liegen.

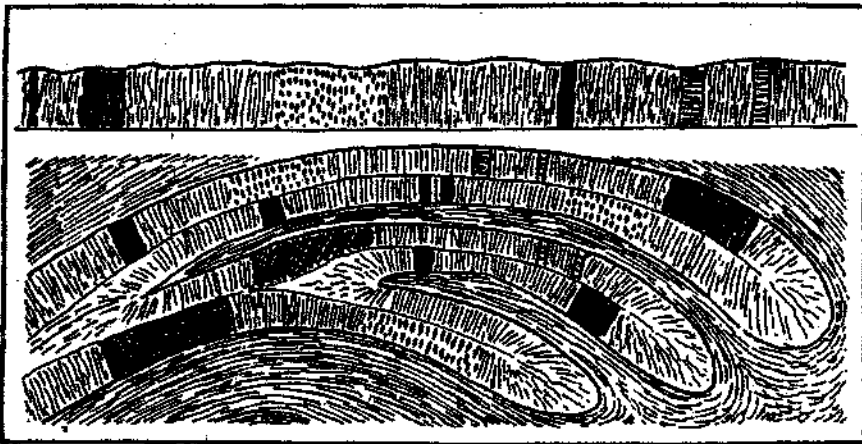


Fig. 12. Das obere Schema soll ein altgepreßtes Gneisgebirge mit Eruptivmassen und paläozoischen Schichten vorstellen. Das untere Schema bildet die Struktur von Liegfalten ab, die aus einem solchen Material umgefaltet sein sollen.

Durch das Einpressen von flüssigem Gesteinsbrei zwischen bewegte Schichten erhält das ganze System eine ungeheuer gesteigerte Beweglichkeit. Es werden ja auch die angrenzenden festen Schichtmassen durch vorherige Versenkung und innere Reibung gleichsam tektonisch vorgewärmt. Diese Vorwärmung ermöglicht natürlich auch für die Intrusionen ein viel längeres Plastischbleiben als wenn solche heiße Massen relativ rasch in die kalten obersten Teile der Erdrinde gelangen. Es wird dies gewiß auch auf den Verlauf der Kontaktwirkungen einen wesentlichen Einfluß üben. Eine solche tektonische Vorwärmung ist vor allem in tiefen Senkungszonen wahrscheinlich.

Als solche ist auch das Gebiet der Bündnerschiefer zu verstehen, als eine langsam tiefsinkende, reichsedimentierte Zone mit großer Wärmespeicherung. Möglicherweise sind schon die zahlreichen Grünschieferlagen auf Intrusionen zurückzuführen, die jedoch in eine rubig lagernde Sedimentmasse erfolgten und deren Massenförderung eine bescheidene war.

Wenn reichliches Magma in ein ruhiges Schichtsystem eingepumpt wird und hier mit der Gewalt einer riesigen hydraulischen Presse wirkt, so entstehen die gewöhnlichen, mehr oder minder symmetrischen Lakkolithformen. Wirkt jedoch die Einpressung zwischen Schichtmassen, die sich

in einseitiger Bewegung befinden, so wird das Magma in diese Bewegung hineingezogen und dementsprechend umgeformt.

Gehen die Hangendschichten rascher als die liegenden, so wird die Magmazonne dazwischen zu einer Rollfalte umgeformt, die ihre Stirne nach abwärts zu krümmen strebt.

Laufen die Liegendschichten rascher, so entsteht eine Rollfalte mit aufstrebender Stirne.

Wir begegnen genau derselben Wirbelmechanik, nur daß sie hier bei diesem hochplastischen und für jeden Bewegungsunterschied hochempfindlichen Material noch viel reiner und schöner zur Ausbildung kommt.

Der Abschluß des Systems nach oben muß auch hier wieder aus einer ganz anders gebauten schweren Deckschubmasse bestehen.

So viel ich sehe, dürfte im Gebiet der Simplonzone wohl die Dent Blanche-Decke diese Funktion ausgeübt haben.

Zu einer Entscheidung, ob wir hier Umkristallisation alter Querstrukturen oder frische Intrusionen oder beides nebeneinander vor uns haben, wird es unerlässlich sein, diese Gebiete auch noch mit den Sanderschen Gefügeprüfmethoden genau zu durchforschen.

Bei einer Verbindung von Gleit- und Intrusionsmechanik steigert sich die Möglichkeit zu Komplikationen außerordentlich.

Es kommt noch die ganze Variationsfähigkeit von Eruptionsspalten mit dazu. Außerdem ist hier die Empfindlichkeit für Änderungen der Geschwindigkeit, der Reibung, der Richtung und Neigung der Bewegungsbahnen . . . noch viel höher. Wenn wir also derart die Simplonzone als eine eigene Bewegungsgruppe aufzufassen vermögen, so erhebt sich allsogleich die Frage nach der Austrittsstelle der Intrusionen.

Als solche kann am ehesten die Zone von Jvrea in Betracht gezogen werden.

Gilt aber diese Beziehung, so muß unmittelbar anschließend die Heraushebung der großen Schubmassen geschehen sein, unter deren Druck und deren gewaltiger Nordwanderung eben diese Einfaltungen der Intrusionen zustande gekommen sind.

Für diese großartige Herausbewegung ist natürlich niemals eine Pressungswurzel vorhanden gewesen. Das Gebirge, welches heute im Süden an die Jvreazone anschließt, bildet eben die Fortsetzung jener einst nach Norden und Nordwesten abgewanderten Massen. Weiter im Osten ist diese Herausbewegung auch heute noch in breiter Front in der ostalpinen Decke mit ihren Unterteilungen erhalten geblieben. In dieser gewaltigen „Wanderdecke“ müssen daher vortriadisch gepreßte, altkristalline Massen eine große Rolle spielen.

Die Tauern mit ihren Gneiswalzfalten können nur an die Basis dieser riesigen Wanderung gehören und müssen daher der Simplonzone ähnlich sein.

Die südlichen Kalkalpen sind daher keineswegs ein autochthones Gebirge, sondern nur der zurückgebliebene Teil einer großen Wandermasse, der seine letzte südgerichtete Faltung wohl erst als Gleitbewegung gegen die Einsenkungszone der oberitalienischen Ebene erhalten hat.

Als Ergebnis dieser Überlegungen kann man also sagen, daß die Alpen in ihrer Gesamtheit gewiß kein Gebilde einer einheitlichen enormen Pressung und Ausquetschung im Spannrahmen unseres Erdgewölbes sein können.

Sie tragen an vielen Stellen deutlich genug die Merkmale einer großen und freien Massenwanderung an sich.

Das Motiv des Fließens und Wälzens vom Höheren zum Tieferen beherrscht dabei gerade die am lebendigsten gestalteten Bauzonen. Die heutige Höhenlage zwischen Schwellen und Senkungszone ist dafür nicht entscheidend, sondern nur diejenige zur Bauzeit.

Wenn wir heute eine Freifließzone gleich hoch oder sogar höher als ihre Umgebung treffen, so sagt dies nur, daß sich eben seither die entscheidende Höhenlage verschoben hat.

Das ist ebenso sicher, wie man aus hochliegenden marinen Schichten schließt, daß sie einst am Meeresgrund gebildet wurden.

So hat die Erkennung von Freifließzonen auch für die Rekonstruktion der Alpen eine hohe morphologische Bedeutung.

Im übrigen scheint in den meisten Fällen das ursprüngliche Verhältnis von Schwelle-Senkraum und gesteigerter Fließbewegung auch heute noch, wenn auch vielleicht abgeschwächt, zu bestehen.

Wien, Anfang Mai 1923.

