

---

„NATUR UND VOLK“, 69, S. 337—349, Frankfurt am Main, 1. Juli 1939.

---

*Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft*

# Grundlagen und Aussagen der geologischen Unterströmungslehre.

Von Hofrat Dr. OTTO AMPFFERER,  
Geol. Landesanstalt, Wien.

Mit 10 Bildern.

Hofrat AMPFFERER ist in diesem Jahr die Steinmann-Medaille verliehen worden. In deren Widmung „dem Denker in den Tiefen der Berge“ kommt die Bedeutung seiner Lehre anschaulich zum Ausdruck. Unsere Leser haben nun den Vorzug, sie in berufenster und neuartiger Darstellung zu hören. *Schriftleitung.*

Ich folge hier der freundlichen Aufforderung des Herausgebers, in dem folgenden Aufsätze kurz über die Entstehung und den weiteren Ausbau der sogenannten Unterströmungslehre zu berichten. An der Ausgangsstelle dieser Betrachtungsweise stand die Arbeit „Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen“, die im Jahre 1906 im Jahrbuche der k. k. Geologischen Reichsanstalt in Wien vom Verfasser dieses Aufsatzes veröffentlicht wurde.

Damals war die Vorstellung der Geologen von der Kontraktionslehre beherrscht, vor allem in jener Form, die ihre Hauptvertreter E. SUESS in Wien und A. HEIM in Zürich derselben gegeben hatten. Die Ablehnung meiner Auffassungen erfolgte durch eine stille Beerdigung von Seiten E. SUESS' und eine grobe Verhöhnung von Seiten A. HEIM's. Mir selbst war auf Jahre hinaus jede Freude an einer Weiterarbeit verdorben, obwohl ich von der Lebenskraft dieser Gedanken völlig überzeugt war.

Ich habe hier weder Lust noch Raum, diese traurigen Begleiterscheinungen, die wohl keiner Entdeckung fehlen, näher zu besprechen. Meine Aufgabe ist es aber, das Lebendige an der Idee der Unterströmungslehre heller zu beleuchten und für das Verständnis offenkundiger und bereiter zu machen. Zu diesem Zwecke will ich nicht den Beweisgang von 1906 wiederholen, da es mir mehr Freude bereitet, einen neuen zusammenzustellen.

Die Unterströmungslehre ist dazu geschaffen worden, um vor allem die weithinstreichenden Faltengebirge der Erde verständlicher zu machen. Die Aufklärung hat dabei zwei verschiedene Möglichkeiten vor sich liegen: einerseits, den Verlauf der großen Gebirgslinien im Verhältnis zur Kugelschale der Erde zu verfolgen; andererseits, den Einzelbau der Gebirge soweit als möglich in allen erkennbaren Feinheiten zu erforschen. Zum Ausbau beider Arbeitsrichtungen wird ununterbrochen körperliche und geistige Kraft von allen Seiten aufgeboten.

Die Erde ist der größte Gegenstand des Weltraumes, der allen unseren Sinnen zur Kenntnissnahme zugänglich ist. Von den anderen Gestalten des Weltraumes können wir nur mehr mit Hilfe des Lichtes Kunde erhalten. Diese Verkündigungen, dieser Lichthauch unendlicher Fernen, ist trotz aller Zartheit und Feinheit für unsere geologische Erdbeobachtung von führender Bedeutung.

In erster Linie kommen hier die Bilder von Sonne und Mond in Betracht, deren Oberflächen bei weitem am besten mit Hilfe von riesigen Fernrohren und photographischen Platten erforscht und dauernd in Beobachtung gehalten werden. Was lehren uns nun diese Bilder für unsere Fragestellungen?

Zunächst tritt hier die vollendete Kugelform klar und deutlich in unsere Augen. So prachtvoll die Rundungen ausgeglichen und abgedreht erscheinen, ebenso eindringlich zeigen sich daneben Unregelmäßigkeiten und Abweichungen. Wenn diese Abweichungen von der Kugelform auch sehr geringfügig sind, so treten sie uns auf der erstarrten Oberfläche des Mondes ebenso bestimmt entgegen wie auf der glühenden Sonnenkugel. Wenn man hierzu die Größenverhältnisse bedenkt (der Mond ist nur etwa  $\frac{1}{27\,000\,000}$  der Sonnenmasse), so erkennt man klar, daß die Ballung der Weltkörper zu Kugelformen ein Vorgang von ungeheurer und durchgreifender Gewalt sein muß, der den ganzen für uns sichtbaren Weltraum beherrscht.

Trotz dieser Riesengewalt zeigen sich aber in den Oberflächen, soweit sie sich unseren Augen verraten, überall Unregelmäßigkeiten und Abweichungen, die das Rundungsgesetz durchbrechen.

Die großartigsten Abweichungen zeigen die gewaltigen Ausbrüche glühender Gase, die Protuberanzen, welche die Oberfläche der Sonne bis über 450 000 km überragen können.

Auch die Bergformen des Mondes weisen mit Höhen bis zu 9000 m ganz erstaunliche Unregelmäßigkeiten auf.

Diese Abweichungen von der Kugelform verraten tiefer liegende Unregelmäßigkeiten in der inneren Zusammensetzung von Mond und Sonne. An der Sonne hat man das Herausbrechen der Protuberanzen vielfach wunderbar klar beobachten können.

Es sind also jedenfalls neben der gewaltigen, alles umspannenden Kugelballung auch noch sehr große innere Kräfte der Weltkugeln vorhanden, die mit ihr in beständigem Kampfe liegen.

Wenn die Stoffe im Innern der Weltkugeln genau richtig nach ihrer Schwere angeordnet wären, so würden sie bei der Rotation als konzentrische Kugelschalen ineinander liegen. Damit wäre keine innere Ursache für stoffliche Unregelmäßigkeiten gegeben, auch nicht bei einer allgemeinen Ausdehnung oder Verkleinerung der Kugelmasse.

Eine derartig vollkommene Ordnung der ganzen Masse einer Weltkugel kommt für unsere Überlegungen nicht in Betracht. Wahrscheinlich erfüllt keiner von den vielen Millionen von Sternen diese strenge Forderung einer vollkommen genauen, inneren Stoff- und Schwereordnung.

Wenn wir nun nach dieser Erkenntnis vom Bestande einer inneren Unordnung innerhalb der gewaltigen Macht der Kugelballung wieder zu den Oberflächenbildern von Mond und Sonne zurückkehren, so machen wir leicht die Erfahrung, daß die Oberfläche der Sonne voll von lebendigen Bewegungsanzeichen ist, die dem Monde völlig fehlen. Wir wissen heute aus dem Studium der Bewegungen der Sonnenflecken, daß diese in der Äquatorzone ihre Umdrehungen wesentlich schneller als in den Polzonen vollführen. Ein Punkt am Sonnenäquator vermag in

derselben Zeit bereits 5 Rotationen auszuführen, wogegen ein Punkt unter  $80^\circ$  nur 4 Umdrehungen beschreibt. Aus diesem Voraneilen der Äquatorzone müssen konstante, gewaltige Strömungen in der Sonnenatmosphäre entspringen, welche bestimmt auch in die tieferen Sonnenmassen hinabgreifen. Außer diesen verschiedenartigen Rotationen sind auch noch Eigendrehungen einzelner Flecken nachgewiesen. So zeigt uns die Oberfläche der Sonne eine außerordentlich reiche fluidale Bewegtheit von Flecken und Fackeln.

Wie Bild 1 lehrt, sind diese hell leuchtenden Streifen der sogenannten Fackeln in schön ausgebildeten Wirbeln um die dunkleren Sonnenflecken angeordnet. Es ist hier keine Spur einer durchgreifenden Anordnung der dunkleren und helleren Streifen vorhanden, vielmehr sind die Fackeln im Wirbelschwunge um die größeren Flecken herum angereicht.

Die ganze Bewegtheit der Sonnen-Oberfläche erscheint wie ein rasender Tanz der Massen um zahllose, für sich selbständige Mittelpunkte, die im Laufe der Zeit aber ihre Stellungen ändern.

Wenn man die ungeheure Entfernung der Sonne mit in die Überlegungen aufnimmt, so kann man nicht zweifeln, daß die Oberfläche dieser feurig wogenden Kugel zum Lebendigsten gehört, was uns der Weltraum zu schauen gestattet. Es ist klar, daß dieser tiefen, wirbelnden Belcbtheit der Massen gegenüber eine Vergrößerung oder Verkleinerung

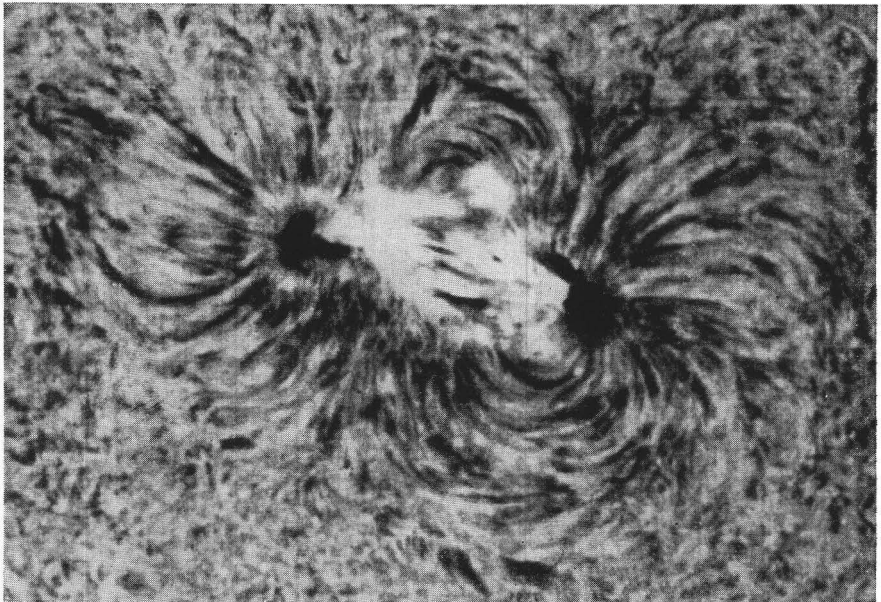


Bild 1. Sonnen-Oberfläche mit Flecken und Wirbeln von Fackeln.  
Aus LITROW: Die Wunder des Himmels. 10. Aufl. Verl. Ferd. Dümmler, Bonn 1939.

der Sonnenkugel keine wesentliche Veränderung oder gar Still-Legung des Schwunges bedeuten könnte.

Im Gegensatz zu den wechselvollen, feurigen Schauplätzen der Sonne hält der Mond sein Antlitz seit Menschenkenntnis in Erstarrung fest. Darum konnten auch alle seine Erhebungen und Niederungen mit Namen belegt werden. Ein Blick auf Bild 2, das ein Stück der Mond-

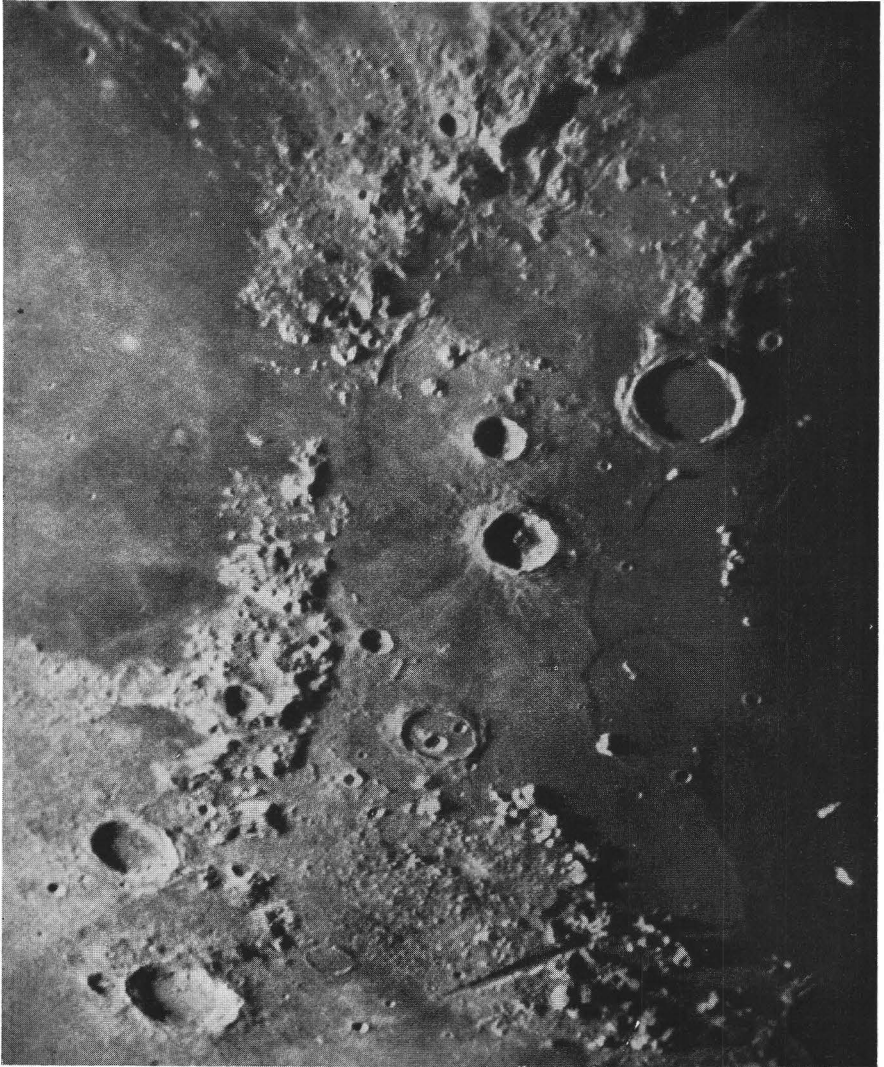


Bild 2. Mond-Oberfläche mit Ringgebirgen und Kratern.

Aus LITROW: Die Wunder des Himmels. 10. Aufl. Verl. Ferd. Dümmler, Bonn 1939.

Oberfläche abbildet, überzeugt uns, daß alle diese Formungen weder Wirkungen der Rotation, noch der Kontraktion vorstellen können.

Ob nun diese merkwürdigen Ring-Gebilde und Krater, von denen man gegen 33 000 gezählt hat, die Ergebnisse von Vulkan-Ausbrüchen oder die Trichter von Meteor-Einschlägen bedeuten, eines ist sicher, sie haben mit Vergrößerung oder Verkleinerung der Mond-Oberfläche oder mit dem Zuge der Rotation gar nichts zu tun. Sie drücken ein heute versteinertes Eigenleben aus, das seinen Antrieb aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls aus dem heißen Innern des Mondes empfangen hatte.

Wir kehren nun zur Betrachtung der Erde zurück, mit der Überzeugung, daß auch hier, untergeordnet der Höchstgewalt der Kugelballung, dennoch die Unregelmäßigkeit eines reichen Innenlebens besteht, wenn dasselbe auch heute von der Oberfläche durch zahlreiche tote Sedimenthüllen getrennt ist. Diese Sedimenthüllen setzen sich zusammen aus ausgestoßenem feuerflüssigem oder zerstäubtem Magma und allen Produkten der Umarbeitung durch Wasser, Wind und Eis. Dazu kommen noch alle Ablagerungen des organischen Lebens. Sie besitzen als erstarrte Massen nur ein geringes Maß von Eigenleben und umhüllen wie Papierfetzen den mächtigen, heißen Erdkern.

Der Grundgedanke der Unterströmungslehre folgt nun ganz einfach der Vorstellung, daß die Störungen dieser Sedimenthülle vielfach nur die Abbildungen von Bewegungen in dem heißen Untergrunde bedeuten.

Der Vorgang der Abbildung von Bewegungen des heißen Erd-Innern durch die Sedimentdecke hindurch bedarf noch weiterer Erklärungen und Ergänzungen.

Zunächst ist für die Feinheit der Abbildung die Dicke der über der Strömung lagernden Deckschichten entscheidend (Bild 3). Je dünner die Deckschichten, desto genauere Abbildungen, je dicker, desto verschwommener. Würden die Deckschichten bei einer gewissen Dicke imstande sein, sich z. B. selbständig über Senkungen des Untergrundes zu tragen, so würde in diesem Falle keine Abbildung der Senkung mehr an die Oberfläche aufsteigen können. Dieser Fall kommt aber in Wirklichkeit nicht in Betracht, weil sich kein größerer Teil der Kugelschale freitragend über einer Senkung des Erdkerns behaupten könnte, da die Gewölbespannung spielend die Gesteinsfestigkeiten zu zermalmen vermag. Aus diesem Grunde habe ich schon 1906 nicht mehr von Erdpanzer, Erdkruste, Erdschale, sondern von einer nachgiebigen, geschmeidig dem Erdkerne anliegenden Erdhaut gesprochen.

Außer der Dicke der Deckschichte spielt auch die Größe der bewegten Masse im Untergrunde eine sehr wichtige Rolle. Es ist wahrscheinlich, daß sich kleinere Bewegungen des Untergrundes kaum durch eine dickere Deckschichte hindurch abzubilden vermögen. Ist das bewegte

Tiefenfeld aber genügend groß, so vermag auch eine dickere Erdhaut noch abbildend nachzufolgen.

Eine große Rolle für die ganze Mechanik der Abbildungen der Untergrund-Bewegungen spielt auch die Krümmung der Erdhaut. Sie kommt für kleinere Bereiche kaum wirksam in Betracht, wohl aber für große.

Wenn wir, wie Bild 4 schematisch vorlegt, unter einer horizontalen Deckschichte eine Senkung eintreten lassen, so ist der wahrscheinlichste

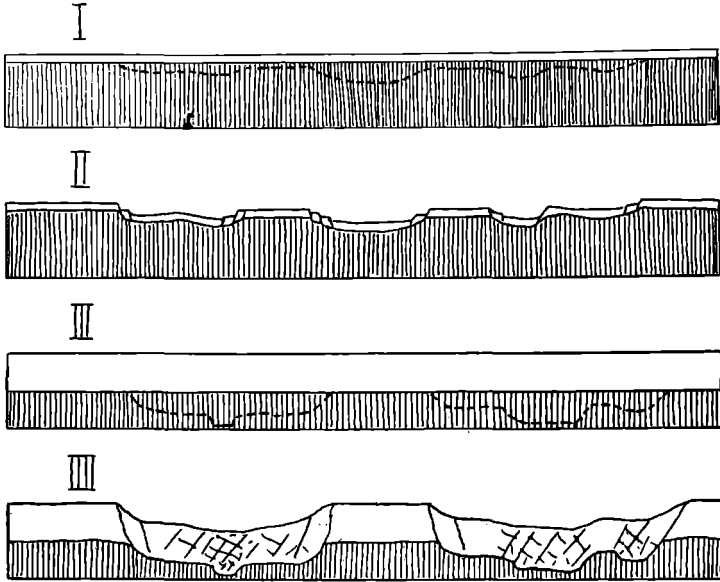


Bild 3.

I: Unter einer dünnen Deckschichte bereiten sich ungleiche Senkungen vor. II: Die Deckschichte bildet diese Senkungen getreulich ab. III: Unter einer dicken Deckschichte treten ungleiche Senkungen ein. IIII: Die dicke Deckschicht vermag den Feinheiten der Senkungen nicht genau zu folgen.

Fall eine vertikale Abbildung. Es wird also der Umriss der Senkung unverzerrt und geradlinig durch die Deckschichte hindurch abgebildet.

Betrachten wir eine erdeinwärts gekrümmte Deckschichte. Hier wird sich eine Senkung nicht mehr geradlinig gegen oben abbilden können, vielmehr wird sich die Abbildungsbreite gegen aufwärts einschränken. Wir haben also an der Oberfläche eine verkleinerte Abbildung des unterirdischen Senkungsraumes zu erwarten.

Ereignet sich aber eine Senkung des Untergrundes unter einer nach außen gekrümmten Deckschichte, so tritt aller Wahrscheinlichkeit nach eine vergrößerte Abbildung an der Oberfläche in Erscheinung.

Aus dieser Überlegung geht hervor, daß wir auf der Erde wie auf jeder Kugel des Weltraumes hauptsächlich mit Vergrößerungen der Ab-

bildungen von Veränderungen des Untergrundes zu tun haben. Die gekrümmte Deckschichte wirkt also gleichsam wie eine Vergrößerungslinse für die Vorgänge im Erdinnern.

Was wir bisher für die Senkungen im Untergrunde erkannt haben, gilt in umgekehrter Richtung auch für seine Hebungen, nur tritt bei den Hebungen neben deren Abbildung auch noch die Möglichkeit

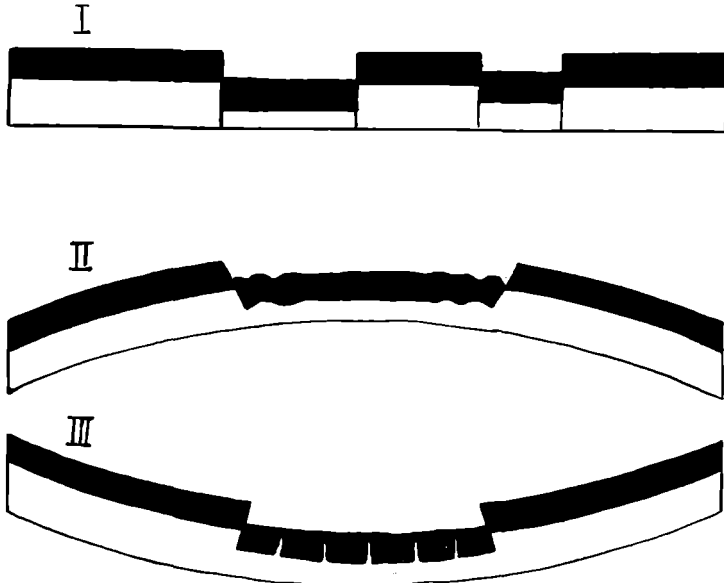


Bild 4.

I: Vertikale unverzerrte Abbildungen von Senkungen des Untergrundes durch eine horizontale Deckschichte. II: Vergrößerte Abbildung durch eine aufgewölbte Deckschichte. III: Verkleinerte Abbildung durch eine eingewölbte Deckschichte.

zu einer Belebung von seitlichen Gleitungen stärker ein, wie Bild 5 schematisch darstellt.

Diese Möglichkeit kann bei großen Hebungen und günstigen Begleitumständen zu ausgedehnten Gleitungen führen, die bereits den tektonischen Wert von Gebirgsbildungen erreichen. Solche Gleitmassen sind vielfach vorhanden, doch ist wohl nur selten die Zusammengehörigkeit von Hebungs- und von Gleitmasse ungestört zu finden. In den allermeisten Fällen begegnen wir wohl typischen Gleitmassen, ohne aber die zugehörigen Hebungsgebiete auffinden zu können. Es ist nun klar, daß die Gleitmasse, die in einer Mulde lagert, von der Erosion nicht so schnell zerstört werden kann wie eine hochragende Erhebung, es hat aber außerdem den Anschein, daß gerade Hebungsgebiete wieder von nachfolgenden Einsenkungen heimgesucht werden und so vom Schauplatze verschwinden oder wenigstens die Macht der Erscheinung verlieren.



Viel schwieriger als die Abbildungen von Senkungen und Hebungen sind jene von Horizontal-Bewegungen zu beurteilen. Die Ausbildung von Horizontal-Strömungen unterhalb der Erdoberfläche ist kaum ohne aufsteigende oder absteigende Bewegungen im Innern der Erde verständlich.

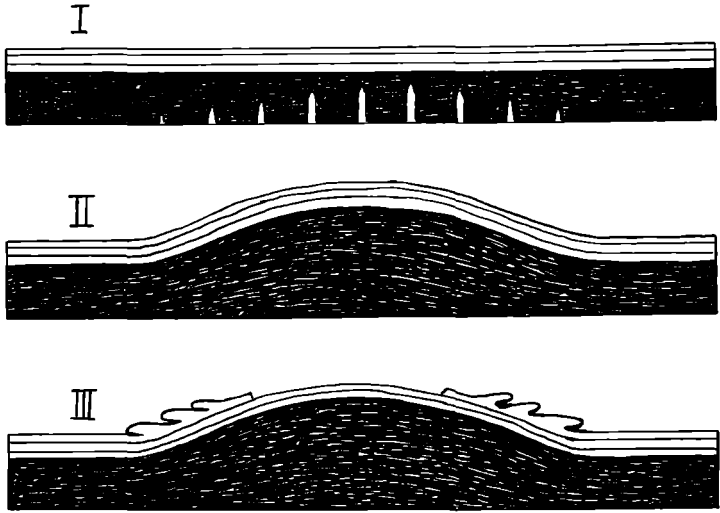


Bild 5.

I: Im Untergrund der Deckschichte bereitet sich eine Hebungswelle vor. II: Die Hebung ist ausgeführt. III: Von der Erhebung sind seitliche Abgleitungen eingetreten.

Wenn im Laufe der Entwicklung und der Umbildung der Gleichgewichte z. B. schwere Massen zu hoch und leichte zu tief liegen, so können vertikale Ausgleichs-Strömungen eintreten. Sind diese Strömungen nicht stark genug oder zu ausgedehnt, um die Erdoberfläche zu durchbrechen, ist es möglich, daß sie sich unter dieser in mehr horizontalen Richtungen ausbreiten. Wir hätten dann beim Sinken schwererer Massen horizontale Ansaugungen, beim Steigen leichterer Massen horizontales Auseinandertreiben zu erwarten (Bild 6).

Daß solche Grundbewegungen im Austausch schwerer und leichterer Massen im Innenbau der Erde eine große Rolle gespielt haben, beweisen uns die Erz-Lagerstätten, wo zumeist viel schwerere Massen in leichteren eingebettet wurden und daher in der Schwereordnung eine viel zu hohe Stellung einnehmen.

Eine andere Frage ist, ob diese Ausgleichs-Strömungen, wenigstens die aufsteigenden, nicht in der Form von heißen Gasen oder Magma-Gasgemischen zur Ausführung kamen.

Es ist leicht verständlich, daß sich aus solchen, einerseits ansaugenden, andererseits wegtreibenden Strömungen in Verbindung mit

Senkungen und Hebungen ein sehr mannigfaltiges Kräftespiel ableiten läßt, das dem Innenleben und Innenregen eines bunt und ungenau gemischten Weltkörpers voll entspricht. Es ist möglich, mit dieser Innenmechanik der Erde alle äußeren Bauwerke der Erdhaut zu erklären,

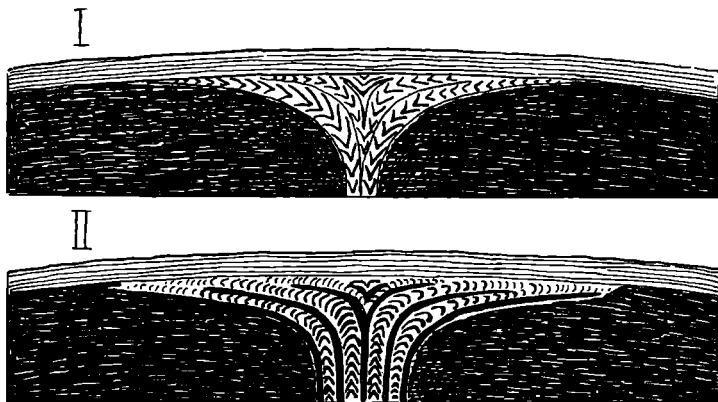


Bild 6.

I: Unter der Deckschichte gelangt im lebendigen Untergrund ein Sinkstrom zur Ausbildung, der auf die Deckschichte einsaugend wirkt. II: Unter der Deckschichte kommt ein Steigstrom zur Ausbildung, der auf die Deckschichte auseinandertreibend wirkt.

ohne gleich zu den Zwangsmaßregeln von Verkleinerungen oder Vergrößerungen der ganzen Erdkugel greifen zu müssen.

Ein weiterer Vorteil ist, daß diese Mechanik viel enger allen örtlichen Eigenheiten und Abarten des Untergrundes angepaßt erscheint, während z. B. eine Faltung als Wirkung einer Verkleinerung der Erde oder eine Zerreißenung als Wirkung einer Erdausdehnung unbedingt sehr regelmäßige, geometrisch bedingte Anordnungen schaffen müßte.

Es ist nun interessant, mit dem hier vorgelegten Kräftespiele, die wichtigsten Formen der Gebirgsbildung in einen erklärenden Zusammenhang zu bringen.

Wenn wir zuerst von der Faltenbildung ausgehen, so ist zu erwägen, daß sich eine Reihe von gleichmäßigen Falten durch einen ein- oder zweiseitigen seitlichen Zusammenschub nicht erklären lassen. Wie Bild 7 schematisch angibt, staut sich die Faltenbildung an den Schubstellen und nimmt von dort weg ins Innere des zu faltenden Bereiches sehr rasch ab. Wir hätten also bei zweiseitigem Anschube außen starke Faltung, die gegen das Innere zu ausklingt. Dieser Bau einer Faltenzone ist auf der Erde nicht zu finden.

Wenn wir nun statt des seitlichen Schubangriffs rhythmische Senkungen des Untergrundes einsetzen, so ist die Bildung einer regel-

mäßigen Faltenschar, wie Bild 8 erläutert, ohne weiteres möglich. Außerdem ist klar, daß der Bauangriff von unten, über die ganze Fläche hin verteilt, dem schmalen seitlichen Angriffe in der Wirkung ungeheuer

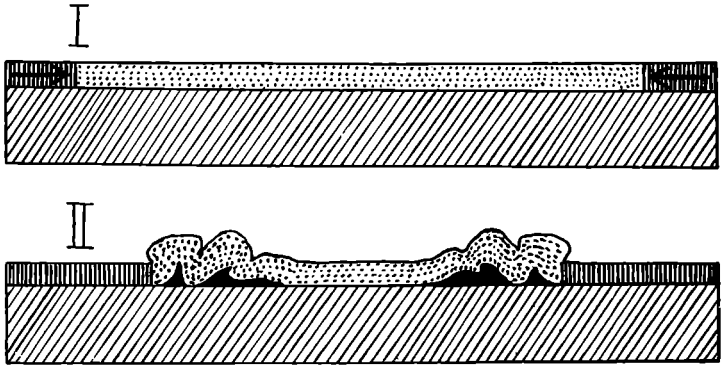


Bild 7.

I: Eine weichere Schichte (gepunktet), die von härteren Schichten bedrängt wird. II: Die weichere Schichte ist zusammengeschoben. Es haben sich aber keine regelmäßigen Falten, sondern nur zwei randliche Faltschuppen dabei entwickelt. Unter den Falten kann es zum Aufpumpen von Material aus dem Untergrund kommen.

überlegen ist. Im übrigen sind regelmäßige Faltenscharen ziemlich seltene Erscheinungen.

Die moderne Erforschung der Faltengebirge hat nun den Beweis erbracht, daß hier ungemein verwickelte Faltungen, Schiebungen, Gleitungen und Verwerfungen vorliegen, die außerdem weder in der Bauzeit noch in der Baurichtung einheitlich sind.

Die Erklärung, welche für dieses Durch- und Übereinander aller beteiligten Schichten vor allem von den französischen Forschern BERTRAND,

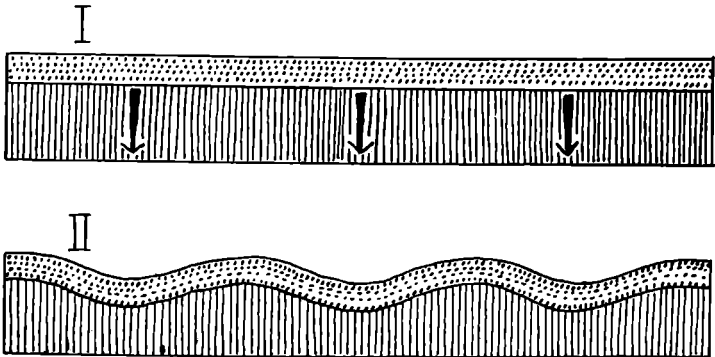


Bild 8.

I: Unter der gepunkteten Deckschichte bereiten sich rhythmische Senkungen im Untergrunde vor. II: Die Deckschichte bildet dieselben in regelmäßigen Faltenwellen ab.

SCHARDT, LUGEON, TERMIER zuerst über die Alpen ausgespannt wurde, verwendet vor allem ungeheure Überfaltungen und Ausquetschungen in verschwenderischem Ausmaße.

Bild 9 gibt diese vielfach verwendete Erklärungsformel in einer einfachen Fassung von A. HEIM wieder. Wir erkennen eine vielfache Über-

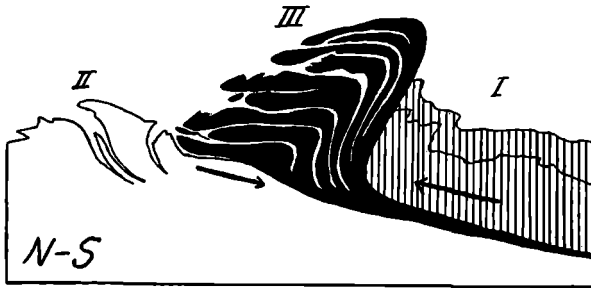


Bild 9. Schema des Alpenbaues nach ALBERT HEIM.

I: Süd-Alpen = Schubmasse von Afrika. II: Überwältigte Zentralmassive = Masse von Europa. III: Überfaltungswulst der Alpen.

einanderladung von relativ dünnen, liegenden Falten. Sie sollen beim Vormarsche von Afrika über Europa von letzterem abgeschert und von der nordwärts wandernden Afrika-Stirne vor sich her getrieben worden sein. Wir haben einen Fall von gesteigert einseitigem Faltschube vor uns, wie denselben in mäßiger Ausbildung auch schon Bild 7 vorgelegt hat.

Unwahrscheinlich sind in der Konstruktion von Bild 9 zunächst alle Dimensionen, dann die Menge der dünnen Faltenkörper, ihr flaches, weites Übereinanderkriechen, die Dicke der Schubscholle und ihre schroffe Lagerung.

Wie kann ein so dicker Schubkörper so dünne Schichtlagen abschürfen? Das kann ein menschliches Werkzeug wie der Hobel, das aber eigens gegen zu tiefes Einschneiden geschützt wird. Bei diesen Mächtigkeits-Unterschieden würde die Afrika-Masse diese dünne Deckschichte unter sich begraben und nicht als ein so mächtig anschwellendes Paket vor sich her geschoben haben.

Vom Standpunkte der Unterströmungslehre ergeben sich wesentlich einfachere und weniger übertriebene Lösungsmöglichkeiten. Es ist klar, daß die Dünnhheit der ins Faltenspiel zugelassenen Schichten eine gleichsinnige Anteilnahme der tieferen Schichten ausschließt. Es kann mithin zur Zeit der Gebirgsbildung unmöglich eine erstarrte Deckschichte von 20—30 km Dicke über dem heißen Erdinnern gelegen haben, vielmehr dürfte diese Starrschichte durch Aufschmelzen sehr viel dünner gemacht

worden sein, so daß sie die Fähigkeit erhielt, solch feine Verfaltungen ausführen zu können.

Bild 10 soll an einem von R. STAUB gelieferten Querschnitte durch die Schweizer Alpen diese Vielgestaltigkeit der Bauweise vorführen. Hier versagt die Erklärung einer ein- oder zweiseitigen Zusammenpressung

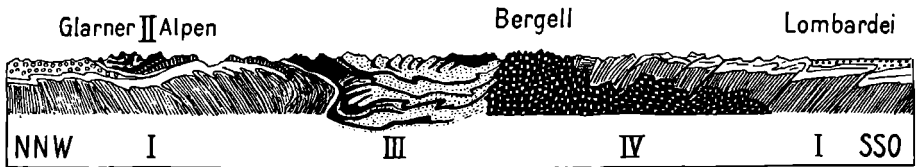


Bild 10. Alpen-Querschnitt nach einer Vorlage von RUDOLF STAUB (1926).

Bauwichtige Zonen:

- I: Große Isolierplatten gegen die Tiefe.
  - II: Ausgestoßene Bau-Überschüsse.
  - III: Senkungs- und Kernzone
  - IV: Junge Schmelz-Zonen
- } Gegen den Einfluß der Tiefe offen.

in der Faust der Kontraktion der Erde, und wir stehen vor der Erkenntnis einer vielmals bunteren Gestaltungsgeschichte, die nur aus dem wechsellvollen Leben des Untergrundes eine Erklärung finden kann. Wunderbar tritt in diesem Querschnitte auch die Macht der aufsteigenden Einschmelzungen in Erscheinung.

Heute kann man derartige aufsteigende Einschmelzungen aus dem Wärmehaushalte der radioaktiven Elemente und ihrer Zerfallsprodukte, wie J. JOLY, H. HOLMES und G. KIRSCH eingehend gezeigt haben, leichter verstehen. Der eingeschmolzene Untergrund aber konnte in eine Abströmung einbezogen werden. Dadurch traten Senkungen und Schiebungen von der Seite her ein, die an der Oberfläche die Gebirgsbildung weiter ausbauen konnten.

Bei dieser so abwechslungsreichen Mechanik der Gebirgsbildung wird es uns nicht verwundern, daß die Gebirge keine einfachen Strukturen zur Schau tragen. Es lösen sich Stellen der Pressung mit solchen der Zerrung, Hebungen mit Senkungen, Verwerfungen mit Gleitungen ab. Außerdem dringen von unten her gewaltige Einschmelzungen empor.

Im Gegensatz zu den Theorien der Gebirgsbildung in den Zwangsringen der Erdkontraktion nimmt die Unterströmungslehre die freizügige Mitwirkung von strömenden Auf- und Umschmelzungen in größtem Maßstabe in Anspruch. Die Hauptbewegungen gehen gar nicht in der Erdhaut, sondern unter ihr im heißen Erdinnern vor sich. Diese Bewegungen im Glühenden finden durch die abgekühlte Erdhaut hindurch nur eine bescheidene Abbildung. Wäre die Gebirgsbildung durch die Kontraktion der Erdkugel bedingt, so müßte sie einen ganz regel-

mäßigen Verlauf und volle Anpassung an die Erhaltung der Kugelform zeigen.

Wenn wir einen guten Globus betrachten, so spüren wir, daß sich in diesen ganz unregelmäßigen Bögen der Gebirge, ihren seltsamen Auszackungen und Verkettungen nur das tiefere glühende Eigenleben des Erdinnern in einer endlosen Reihe von Ereignissen widerspiegelt. Dies sind keine Elemente der Kugelballung, sondern eine Summe von Auf- und Ab-, Hin- und Herflutungen im ungleich gemischten, glühend lebendigen Leib der Erde, die mit all den Runzeln und Sprüngen in die Erdhaut wie auf steife Pergamentblätter in uralten, schwer lesbaren Schriftzeichen eingetragen sind. Ihre richtige Entzifferung wird uns noch manches Geheimnis des Erdinnern zum Bewußtsein bringen können.

Der Versuch, durch die toten Sedimenthüllen der Erde auf die Vorgänge im glühend lebendigen Erdinnern zu schließen, ist jedenfalls einer großen Anstrengung wert, die von der künftigen Geologie zu leisten ist. Ihr Lohn kann nur im Glücke einer tieferen Erkenntnis bestehen.