

und auch der Bukowina. Für den Führer zum Internationalen Kongreß 1903 lieferte Niedźwiczki eine „Geologische Skizze des Salzgebirges von Wieliczka“. Auch auf petrographischem Gebiete war der Verstorbene tätig; wir verdanken ihm unter anderen eine Schrift über den Basalt im Ostrauer Revier, eine Arbeit über die Gesteine der Insel Samothrake und eine über die Eruptivgesteine des westlichen Balkan.

Der Verstorbene war bis in die letzte Zeit rüstig und geistig rege, er nahm an allen geologischen Fragen regen Anteil.

Als seine letzte Veröffentlichung erschien im Jahre 1915 eine besonders in praktischer Beziehung beachtenswerte Arbeit: „Ueber die Art des Vorkommens und die Beschaffenheit des Wassers im Untergrunde, in Quellen, Flüssen und Seen“.

Alle, die den Verewigten persönlich kannten, mußten ihn auch wegen seines stets freundlichen und liebenswürdigen Wesens hoch schätzen und werden ihn sicher auch über seinen Tod hinaus in freundschaftlicher Erinnerung behalten.

Wien, Ende Jänner 1918.

Dreger.

### Eingesendete Mitteilungen.

**O. Ampferer.** Ueber die geologische Deutung von Schwereabweichungen.

Seit von v. Sterneck für die Kontinente und Gebirge, von O. Hecker für die Ozeane Schwereabweichungen nachgewiesen waren, haben sich viele Geologen mit der Erklärung solcher Abweichungen beschäftigt.

Nun ist auch die Schweiz in die Reihe jener Länder getreten, für welche systematische Schweremessungen durchgeführt wurden und wir verdanken der Geodätischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft die Organisation dieser seit 1900 begonnenen, sehr sorgfältigen Arbeiten.

Die Messungen wurden zuerst von Ing. Dr. Messerschmidt, dann von Dr. Th. Niethammer ausgeführt.

1914 wurde eine Karte mit den Kurven gleicher Schwereabweichungen nach den Beobachtungen 1900—1913 herausgegeben.

Im Anschluß an diese Karte und seither noch dazugekommene Ergänzungen hat nun Prof. Albert Heim in Nr. 24 seiner Geologischen Nachlese eine etwas ausführlichere geologische Deutung dieser Ergebnisse veröffentlicht.

Zur Herstellung der Schwerekarte der Schweiz konnten die Pendelmessungen von ca. 180 Stationen verwendet werden.

Die Karte selbst ist so gezeichnet, daß die Kurve O alle Punkte der als normal bezeichneten mittleren Schwere verbindet. Die Kurven mit dem Vorzeichen + gehören den Gebieten mit Ueberschwere, jene mit dem Vorzeichen — denen mit Unterschwere an. Um zu einem geologisch anschaulichen Bilde zu gelangen, wird die jeweils an einem Orte vorhandene Ueber- oder Unterschwere als eine hier unter den Füßen des Beobachters zu viel oder zu wenig vorhandene

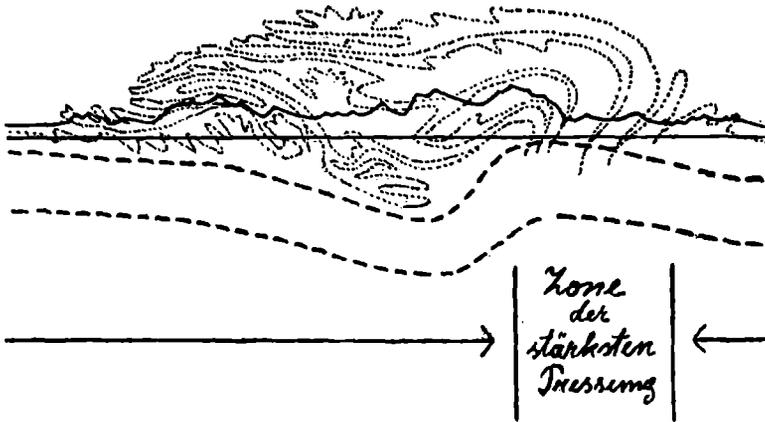
Gesteinsmasse vom spezifischen Gewicht 2.4 in der entsprechenden Mächtigkeit eingetragen.

Die Karte gibt nun die Isogammen von 100 zu 100 m Dicke dieser idealen Gesteinsschicht an, welche von Ort zu Ort zur Ausgleichung auf normale Schwere in positivem oder negativem Sinne nötig wäre.

Die Betrachtung dieser Schwerekarte zeigt nun nach Heim in folgenden Punkten einen gut erkennbaren Zusammenhang mit dem geologischen Bau.

1. Der Schwarzwald hat Ueberschwere, die als Folge der tertiären Hebung der unter dem alten Rumpf befindlichen schweren Gesteinsmassen aufzufassen ist.

Fig. 1.



Kopie nach Prof. A. Heim.

Die dicken unterbrochenen Linien sollen die Form der Schwersynklinale angeben. Die starke Linie zeigt das heutige Profil der Schweizeralpen, die punktierten, feinen Striche geben den ideal ergänzten Faltenwurf an.

2. Vom Schwarzwald fallen die Schichten gegen die Alpen bis unter den Südrand der Molasse beständig ein. Hiermit in Uebereinstimmung soll die auffallend gleichmäßige Zunahme des Massendefekts in derselben Richtung stehen.

3. Der Massendefekt nimmt gegen die Alpen auch unter dem Kettenjura ganz gleichmäßig zu. Der Kettenjura hat auf den Massendefekt keinen Einfluß, weil seine Faltung nicht bis in die kristalline Tiefe hinabgreift.

4. Bei Iverdon-Vallorbe machen die Isogammen eine scharfe Ausweichung gegen S, die harmonisch verläuft mit der Kettenschleppung an dem großen Querbruch Vallorbe-Pontaslier und verlängert denselben in die Molasse hinein.

5. Als auffallendstes Ergebnis ist zu bezeichnen, daß das ganze Land vom Südfuß des Schwarzwaldes bis nach Locarno Massendefekt

hat, also eine große Schweresynklinale bildet (Fig. 1). Dabei ist die Unsymmetrie der Alpen sehr scharf ausgesprochen.

6. Das Querprofil des Massendefektes (Fig. 1) durch die Schweiz ist gegenüber dem orographischen Querprofil gegen N verschoben. Der südlichste Teil der Alpen ist eben nicht mehr gefaltetes Deckenland, er ist zu tiefer Narbe abgetragenes Wurzelland und seine Schichten steigen steil aus der Tiefe herauf.

7. Die südlichste Zone der Alpen hat Ueberschwere. Diese scharfe Trennung zwischen der Zone von Unter- und Ueberschwere ist die notwendige Folge der Teilung der Alpen in Wurzel- und Deckenland.

Unter dem Wurzelland war Aufsteigen der tieferen Massen in der Erdrinde vorhanden, unter dem Deckenland Eindrücken derselben. Jede Theorie, die von einer Art Verschlucken von Streifen der Erdrinde in den Mittelzonen als Ursache der Entstehung der Alpen phantasierte, ist dadurch zugunsten des einseitigen Tangentialschubes widerlegt.

8. Im Wallis ist der Schweredefekt in den Deckenmassiven des Gr. St. Bernhard und der Dent Blanche am stärksten. Hier war auch die Häufung der liegenden Falten am größten.

9. Zwischen Gotthard- und Aaremassiv liegt die tiefe synklinale Zone des Urserentales. Hier ist der Massendefekt größer als in den beiderseitigen autochthonen Zentralmassiven.

10. Die östliche Zone großer und größter Unterschwere streicht durch das Bündner Oberland gegen O. In diese Zone legen sich ostwärts tiefer sinkend die höchsten alpinen Decken, die ostalpinen, hinein. Das ist der tiefsteingedrückte Teil der Schweizer Alpen.

11. Im Tessin erscheinen die Isogammen nordwärts in den Alpenkörper hineingebuchtet.

Im nördlichen Tessin liegt nämlich die Kulmination in der longitudinalen Höhe der alpinen Deckfalten und da die höheren Teile abgetragen sind, kommen die tieferen Zonen näher an die Oberfläche.

12. Die tektonischen Höhen und Tiefen der Querprofile kommen weniger im Schwerebild zum Ausdruck als die Schwankungen der tektonischen Höhen in der Längsrichtung, da es sich hier um weit ausgedehntere Aenderungen handelt.

13. Hie und da erscheinen auch kleinere Erscheinungen im Verlaufe einer Decke abgebildet.

14. Wenn man den tektonischen Bau mit den absoluten Beträgen des gemessenen Massendefektes vergleicht, so zeigt sich, daß die alpinen Defekte wenigstens in der Größenordnung mit dem vollständig übereinstimmen, was wir theoretisch nach der Tektonik erwarten müssen.

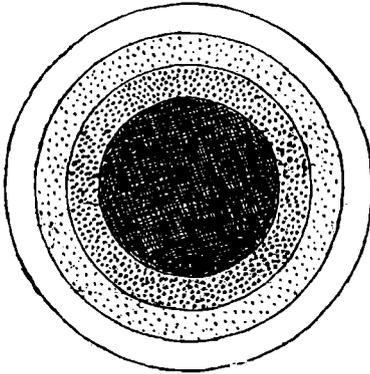
Ein von den geologischen Vermutungen abweichendes Bild haben die schweizerischen Schweremessungen etwa in folgenden Punkten geliefert. Es fehlt in den Schwereangaben einmal jede Spur einer Abbildung des Alpenrandes gegen das Molasseland. Wahrscheinlich ist darin zu erkennen, daß die letzte alpine Einsenkung auch ganz allmählich von den Alpen gegen N ausgeklungen hat.

Eine ähnliche Enttäuschung bietet das Schwerebild auch bezüglich der sogenannten „autochthonen Zentralmassive“, die sich nur

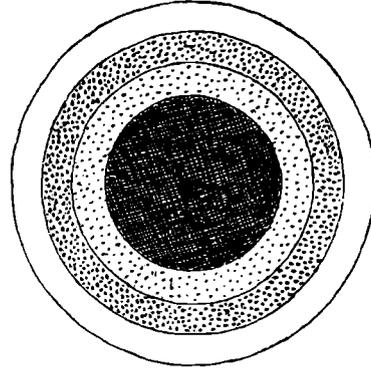
gegen S, aber kaum gegen N durch größere Schwere aus den umgebenden Defektzonen herausheben. Die Schwere ist in ihnen nicht, wie zu erwarten war, größer, sondern noch geringer als in den nördlich anliegenden Kalkalpen.

Entweder sind eben diese Massive auch nicht autochthon oder es wird ihre Wirksamkeit durch die noch viel wirksamere gewaltige Deckenhäufung übertönt.

Fig. 2.



Anordnung von Erdschalen nach steigender Dichte.

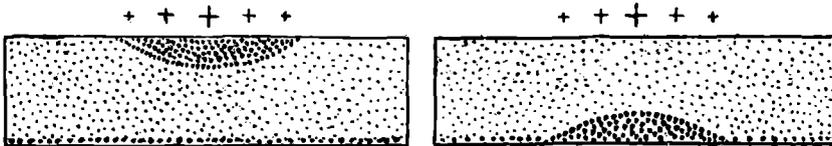


Anordnung von Erdschalen mit einer Umkehr der Dichte.

Die hier vorgeführte geologische Deutung der schweizerischen Schwereabweichungen steht in einem wohl allzu engen Verhältnis zur Ueberfaltungstheorie.

Ich glaube, daß dabei noch eine Menge von anderen Möglichkeiten ins Auge zu fassen sind und möchte im folgenden dazu einige Beiträge liefern.

Fig. 3.



Die stärkeren Punkte sollen die schwereren Massen vorstellen. Die Größe der Kreuze entspricht der Größe der Ueberschwere.

Wenn unsere Erde eine vollständig regelmäßig nach der Schwere geordnete Kugel wäre, so hätten wir in jedem Radius eine von außen nach innen in gleicher Gesetzmäßigkeit zunehmende Dichte zu erwarten. Die Schichten gleicher Schwere müßten völlig konzentrisch verlaufen.

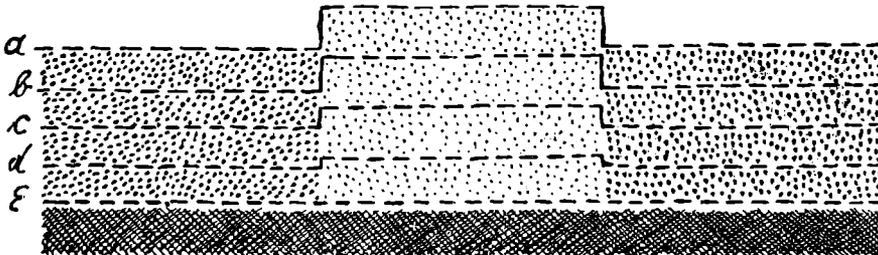
Es ist leicht einzusehen, daß bei dieser Anordnung durch irdische Kräfte nie eine Störung dieses Verhältnisses zustande kommen könnte.

Wir können aus den tatsächlich vorhandenen Störungen also schließen, daß entweder nie eine vollkommene konzentrische Schwereordnung bestand oder daß dieselbe durch außerirdische Kräfte in Unordnung gebracht worden ist.

Es ist hier gleich zu bemerken, daß für unsere Messung der Schwere auch keine Möglichkeit besteht, die Anordnung der einzelnen konzentrischen Schalen selbst zu bestimmen.

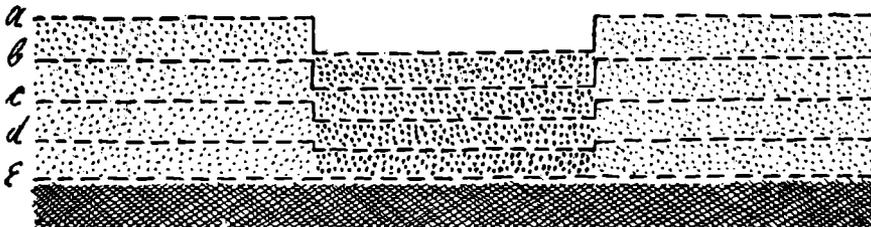
Das heißt mit anderen Worten, wir können bei einer rein konzentrischen Anordnung nicht erfahren, ob die Schwere gegen

Fig. 4.



Die gebrochenen Linien zeigen den Verlauf der Flächen gleicher von  $a$  gegen  $e$  abnehmender Schwere an. Das lichtere Feld soll leichtere Massen als das dunklere vorstellen. Der gleichartige Untergrund ist schraffiert.

Fig. 5.



innen zum Beispiel regelmäßig steigt oder leichtere und schwerere Schalen miteinander wechseln — Fig. 2. Wir können aber auch nicht erfahren, ob die Ursache einer Störung der normalen Schwere näher oder tiefer der Erdoberfläche liegt — Fig. 3. Die Messung der Schwere vermag nur örtliche oder zeitliche Verschiedenheiten an der Erdoberfläche, soweit sie uns zugänglich ist, festzustellen. Für die Untersuchung der örtlichen Verschiedenheiten ist das Beobachtungsnetz leider größtenteils noch viel zu locker, für jene von zeitlichen Verschiedenheiten reichen die Beobachtungen über einen zu eng begrenzten Zeitraum.

Außer einer rein konzentrischen Schwereordnung käme dann vor allem eine isostatische Anordnung in Betracht.

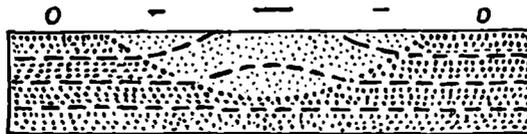
Diese besteht darin, daß leichtere und schwerere Erdschollen miteinander im Gleichgewicht stehen. Damit ist natürlich eine Abweichung von der regelmäßigen Kugelfläche gegeben, da dies nur möglich ist, wenn dickere leichtere Schollen durch dünnere schwerere im Gleichgewicht gehalten sind.

Die Annahme eines isostatischen Gleichgewichtes hat zur Voraussetzung eine flüssige oder doch leicht bewegliche Unterlage der Erdrinde, auf welcher nun die verschiedenen schweren Schollen schwimmen.

Ich gehe hier bei Besprechung der Isostasie nicht weiter darauf ein, wie unwahrscheinlich diese ganze Annahme ist, sondern will dieselbe nur in Hinsicht auf Schwerestörungen betrachten.

Nehmen wir also, wie Fig. 4 zeigt, eine höhere leichtere Scholle inmitten einer schwereren Umgebung an, so verlaufen die Linien

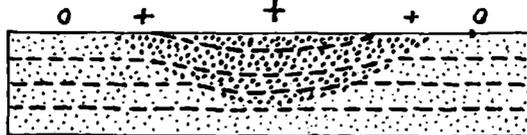
Fig. 6.



o = Normale Schwere. - = Unterschwere. + = Ueberschwere.

Die Größe des Vorzeichens gibt die Richtung der Schwereänderung an.

Fig. 7.



gleicher Schwere ungefähr so, wie in dieser Abbildung angegeben ist. Befindet sich eine schwerere Scholle inmitten von leichteren, so ist der Fall etwa durch die Anordnung von Fig 5 gegeben.

Im ersten Falle werden die abtragenden Kräfte der Erdoberfläche unausgesetzt tätig sein, die Vorrangung zu erniedrigen, im zweiten Fall jedoch die Einsenkung zu erhöhen.

Denken wir uns in beiden Fällen nach entsprechender Zeit und ohne tektonische Miteingriffe die geologische Arbeit vollendet, so würden wir an der Oberfläche im ersten Fall verminderte, Fig. 6, im zweiten vermehrte Schwere, Fig. 7, nachweisen können.

Soll nun wieder Isostasie hergestellt werden, so muß die leichte Scholle natürlich wieder gehoben, die schwere wieder gesenkt werden.

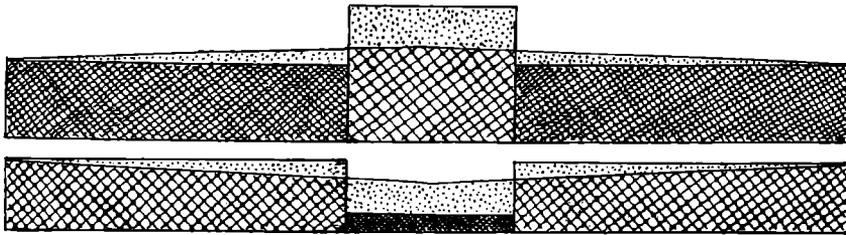
Man ersieht aus dieser Ueberlegung einmal zunächst, daß hier das Auftreten von Schwereabweichungen nur von dem Verhältnis der Geschwindigkeit der oberirdischen Abtragung zu der unterirdischen Zuführung abhängig ist. Wäre eine leicht bewegliche und empfindliche

Isostasie in der Erdrinde vorhanden, so könnten keine Schwereabweichungen auf dem eben geschilderten Wege entstehen, weil sie sogleich wieder beseitigt würden. Ein anderes Ergebnis dieser Ueberlegung ist der Schluß, daß beim Vorhandensein von Isostasie die Erhebungen immer wieder zu Erhebungen, die Einsenkungen immer wieder zu Einsenkungen gemacht werden müßten, womit sich doch ein großer Teil der geologischen Erfahrungen nicht in Uebereinstimmung bringen läßt.

Eine weitere interessante Folgerung ergibt sich, wenn man die Räume der Abtragung und der dazugehörigen Aufschüttung oder der Zuschüttung und der dazugehörigen Abtragung mit in die Betrachtung hereinzieht.

Wenn eine Aufragung abgetragen oder eine Einsenkung zugefüllt wird, so kann man behaupten, daß in beiden Fällen durch die geologischen Wirkungen eine Verbreiterung der Störung auf Kosten ihres vertikalen Ausmaßes angestrebt wird.

Fig. 8.



Das obere Schema zeigt die Abtragung einer höheren leichteren Scholle, das untere die Zuschüttung einer tieferen schwereren an.

Die von der Erosion ab- und zugeführten Massen sind punktiert.

Man kann diese Regel als eine Grundregel der ganzen geologischen Arbeit bezeichnen.

Fig. 8 zeigt, wie diese Regel gemeint ist.

Es ist hier leicht ersichtlich, daß damit auch die Schwerestörung durch die geologische Arbeit im Laufe der Zeit verbreitert und auf früher ungestörte Gebiete übertragen wird. Die geologischen Tätigkeiten der Erdoberflächen gehen aber nicht nur darauf aus, die durch erdinneren Kräfte geschaffenen Vertikaldifferenzen zu erniedrigen, zu verbreitern, zu verwischen, sie haben auch unausgesetzt das Bestreben, die durch den Vulkanismus gelieferten Materialien aufs innigste miteinander zu vermengen und auch so hier die Gegensätze zu vermindern.

Die Betrachtung der Isostasie hat uns also zu der Einsicht geführt, daß Schwereabweichungen bei dieser Hypothese zeitlich begrenzt sind von dem Geschwindigkeitsunterschied zwischen oberirdischer Abtragung und unterirdischer Zuführung. Vollkommene Isostasie schließt Schwerestörungen automatisch aus.

Die geologischen Wirksamkeiten der Erdoberfläche aber sind bestrebt, die Gebiete der Schwerestörungen zu verbreitern und ihre

Gegensätze zu verwischen. Es ist daher ganz ausgeschlossen, daß etwa im Laufe der geologischen Entwicklung erst allmählich leichte und schwere Erdschollen geschaffen wurden, sondern diese Gegensätze können nur immer mehr ausgeglichen worden sein. Wir erkennen also, daß diese Gegensätze schon in einer vorgeologischen Zeit angelegt worden sein müssen.

Die Schaffung von leichten und schweren Teilen der Erdrinde hat zur Voraussetzung also noch größere Gegensätze in den unter diesen Schollen verborgenen tieferen Erdschichten.

Damit wird aber jede Isostasie in dem gewöhnlichen Sinne unmöglich, die über einer gleichmäßigen Unterlage verschieden schwere Schollen schwimmend annimmt.

Man kann der Vorstellung nicht ausweichen, daß eben die Erde als Weltkörper niemals eine vollständig gleichmäßig geordnete Masse gewesen ist. Diese Unregelmäßigkeiten sind natürlich nur in einem sehr bescheidenen Rahmen möglich, sie sind aber immerhin bedeutend genug, um eine große Reihe von geologischen Vorgängen zu bewirken. Wenn wir uns also damit abfinden, daß von Anfang an Unregelmäßigkeiten auch in der Schwere da waren und bis heute nicht ausgeglichen wurden, so haben doch auch bei dieser Annahme die geologischen Umformungen keinen geringeren Anteil an Schwereveränderungen wie etwa im Rahmen der Isostasie.

Die Fragestellung hat sich aber gegenüber der Isostasie insofern verändert, als wir jetzt nicht mehr die bequeme Annahme eines gleichförmigen Untergrundes der Erdrinde verwenden können.

Wir haben daher Vorgänge innerhalb von 3 Stockwerken gleichzeitig ins Auge zu fassen, nämlich im motorischen Untergrund, in der Erdrinde und an der Erdoberfläche.

Einige Beispiele aus dem Gebiete von Vulkanismus und Gebirgsbildung sollen den Umfang solcher Vorgänge und ihre Bedeutung für Schwereverschiebungen zeigen.

Wenn die Erdrinde an irgendeiner Stelle aus Gründen, die wir hier nicht zu untersuchen haben, von Magma durchbrochen wird und an der Oberfläche ein Vulkan aufgeschüttet oder Lavadecken ausgegossen werden, so gehört als wichtigster Teil des ganzen Vorganges noch eine innerirdische Massenverschiebung dazu.

War vorher an der betreffenden Stelle der Erdoberfläche ein normales Schwerfeld, so wird dasselbe nachher ein unregelmäßiges sein, ausgenommen den Fall, daß die oberirdische Magmazugabe spiegelbildlich gleich mit der unterirdischen Magmaabgabe wäre.

Dieser letztere Fall kann als lediglicher Ausnahmefall unberücksichtigt bleiben.

Würde man also vor Eintritt der Eruption und nach derselben ein genaues Bild der Schwereverteilung besitzen, so könnte man, da ja die oberirdische Massenverschiebung bekannt ist, manche Schlüsse auf die unterirdische gewinnen.

Es wäre auch nicht ausgeschlossen, daß man aus dem Eintritt von Schwereänderungen in vulkanischen Gebieten auf das Herannahen von Eruptionen schließen könnte. Wie Fig. 9 zeigt, kann sich die unterirdische Magmabewegung sehr verschieden zu der oberirdischen

verhalten. Die Schwere messung könnte hier unter günstigen Umständen eine Einsicht in den bisher ganz unbekanntem Umfang solcher unterirdischer Verschiebungen gewähren.

Am kleinsten wird die Schwereveränderung sich bei symmetrischem Verhalten der ober- und unterirdischen Magmabewegungen herausstellen, da sich hier Abgang und Zufluß innerhalb eines Erdradius so ziemlich aufheben können. Günstiger liegen die Verhältnisse bei einer unsymmetrischen Verteilung, wie Fig. 10 illustriert.

Hier könnten bei entsprechenden Massen schon größere Unterschiede zutage treten.

Schon diese kurzen Andeutungen werden genügen für den Beweis der zahlreichen Möglichkeiten von Schwerestörungen durch verhältnismäßig einfache vulkanische Prozesse.

Bei der Entstehung von Falt- und Schubgebirgen ergeben sich ebenfalls reiche Möglichkeiten für Schwereverschiebungen.

Fig. 9.

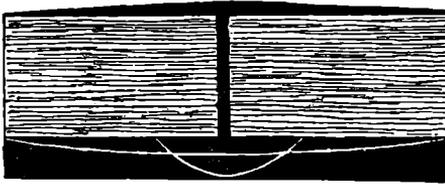
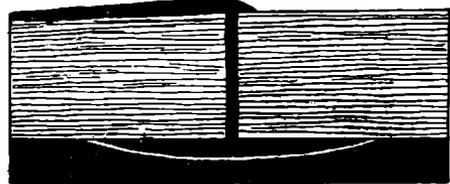


Fig. 10.



Gestrichelt sind Stücke der festen Erdrinde, schwarz magmatische Massen. Die weißen Linien im schwarzen Feld sollen schematisch den Umfang der Magma-bewegung der Tiefe andeuten. Er ist im allgemeinen wohl ausgedehnter anzunehmen.

Etwas vom wichtigsten, nämlich das vor der Gebirgsbildung an der betreffenden Stelle vorhandene Schwerefeld, bleibt uns hier leider ganz verschlossen. Wir können also von einem ungestörten oder einem gestörten Schwerefeld unseren Ausgang nehmen.

Wählen wir den ersteren Fall, so bleiben wir dabei im üblichen Vorstellungskreis der Tangentialschublehre, für welche die Gebirge an schwächeren Stellen der Erdkruste durch Seitendruck aufgefaltet werden.

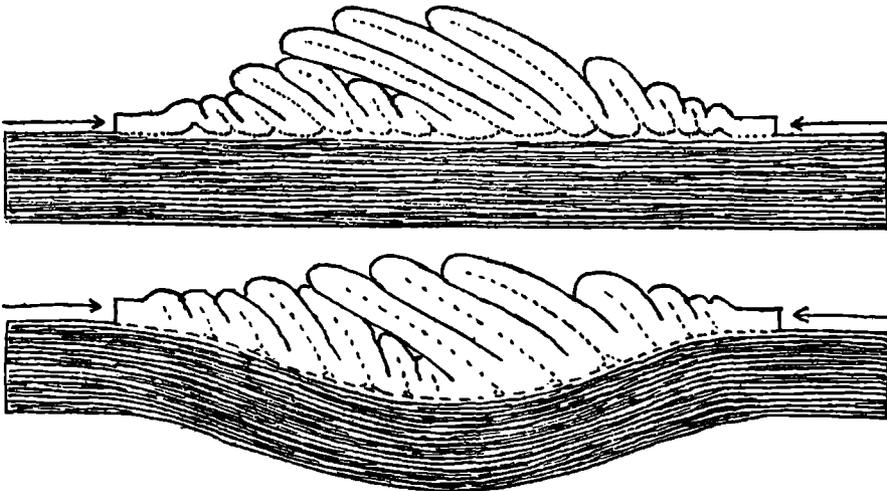
Eine Stelle schwächeren Druckwiderstandes braucht natürlich keine Stelle von geringerer Schwere zu sein. Wird nun von den Seiten her eine mächtige Schichtmasse auf den früher normal schweren Raum geladen, so muß hier Ueberschwere entstehen. Fig. 11.

Ist die Erdrinde an der betreffenden Stelle nachgiebig genug, so ist es denkbar, daß durch Einsinken, also durch entsprechenden unterirdischen Massenabfluß, hier die Schwerestörung ganz oder doch teilweise ausgeglichen wird.

Von dem Ausmaß und von der Geschwindigkeit dieses unterirdischen Ausgleiches hängt die Schwereverteilung in erster Linie ab.

Dazu kommt dann noch der Einfluß der Erosion, den wir schon früher schematisch betrachtet haben. Hält man alles zusammen, so kommt man zu der Anschauung, daß bei dem hier angenommenen Verlauf der Gebirgsbildung ein Massendefekt nur sehr schwierig zustande kommen könnte. Ein Massenüberschuß wäre jedenfalls sehr viel wahrscheinlicher. Ich möchte hier einschalten, daß in jedem isostatischen Gebirge die Messung der Schwere in den Talfurchen Massendefekt ergeben muß, weil ja eben erst durch den ganzen Gebirgskörper das Gleichgewicht mit der Umgebung hergestellt wird. Die Messungen müßten daher auf den Berggipfeln erfolgen, worauf schon Prof. Trabert aufmerksam gemacht hat.

Fig. 11.



Das obere Schema führt die Anhäufung der Falten durch doppelseitigen Fernzuschub vor, das untere die durch diese Belastung erzwungene Einsenkung.

Die Deutung, welche Prof. A. Heim für die Tektonik der Schweizer Alpen verwendet, weicht von der eben vorgeführten insofern ab, als er, wie Fig. 1 angibt, die Hauptmassen seines Deckengebirges aus der sogenannten Wurzelregion heraussprudeln läßt. Auf diese Weise soll in der Wurzelregion ein Aufsteigen von schweren, tieferen Gesteinsmassen stattfinden.

Wenn man etwas genauer auf die geometrischen Verhältnisse dieses Mechanismus achtet, so lassen sich die unmöglichen Bedingungen desselben unschwer erkennen.

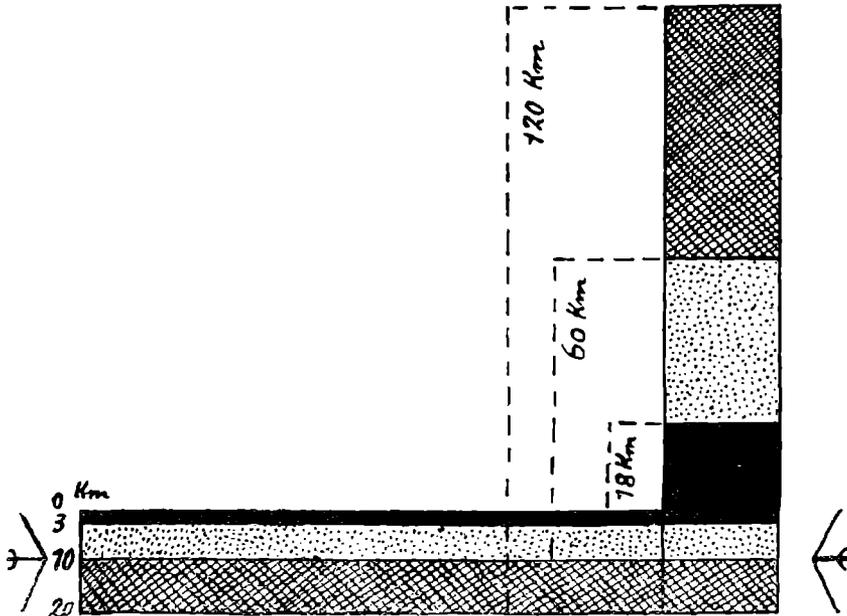
Von der gesamten Alpenbreite wird für die Herauspressung der Ueberfalten nur etwa  $\frac{1}{3}$  verwendet. Diese aktive Zone, die Wurzelregion der Nappisten, ist in der Schweiz sehr stark gegen die Südseite der Alpen verschoben.

Nur dieser schmale Streifen kommt nach dieser kühnen Hypothese für die Entstehung der Alpen in Betracht. Dafür ist hier die

Zusammenpressung derartig heftig, daß die herausgequetschten Falten, nachdem sie zumeist gegen Norden weit über die Wurzelregion hinausgefallen sind, erst dort die Hauptmasse der Alpen bilden.

Wir haben also hier eine eigentliche Pressungs- und Faltungszone „die Wurzelregion“ von einer oder zwei mehr zufälligen Zonen zu unterscheiden, die mit dem jeweiligen Ueberfluß der Faltungszone belastet wurden. Diese schmale Zone, welche kaum  $\frac{1}{3}$  der Alpenbreite ausmacht, soll also nach dieser Hypothese ursprünglich mehr-

Fig. 12.



Schwarz, punktiert, schraffiert sind drei horizontal übereinander liegende Schichtsysteme bezeichnet, die durch seitliche Zusammenpressung auf  $\frac{1}{6}$  der Breite und auf die sechsfache Mächtigkeit umgeformt werden, wie die rechts stehende Säule versinnbildlichen soll.

mals breiter als die heutigen Alpen gewesen sein, da sich ja vor dem Zusammenschub der größte Teil der überfalteten Schichtmassen darauf ausgebreitet hatte.

Das heißt mit anderen Worten, die obersten Schichten eines vielleicht 300 km breiten Erdstreifens sollen auf eine Zone von etwa 50 km zusammengedrückt werden. Stellen wir nun folgende Rechnung an.

Nehmen wir zum Beispiel die durchschnittliche Schichtmächtigkeit in den Schenkeln der Ueberfaltungen zu 2000 m an, so ergibt sich bei einer Zusammenpressung von 300 auf 50 km, also auf  $\frac{1}{6}$ , eine Schichtendicke von 12.000 m. Verteilt man dies auf eine Alpenbreite von etwa 150 km, so erhält man eine zusammengeschobene Masse von ca. 4000 m Mächtigkeit.

Mit dieser Mächtigkeit würde man, da die Verteilung ja nicht ganz regelmäßig wäre, bei bescheidenen Ansprüchen für die Alpen schon das Auskommen finden können.

Die extremen Konstruktionen der Nappisten verlangen allerdings wesentlich größere Massen. Nehmen wir dazu eine Mächtigkeit der Faltenschenkel zu etwa 3000 *m* an, so würden wir wieder bei einer Pressung auf  $\frac{1}{6}$  eine Anschwellung von 18.000 *m* erhalten, die, auf die Alpenbreite verteilt, eine Dicke von ca. 6000 *m* Stärke liefern könnte. Damit dürften auch schon verwöhnte Ansprüche erfüllt sein. (Fig. 12.)

Sehen wir uns aber nun auch die weiteren Konsequenzen dieses großartigen Schauspieles näher an.

Wir haben eine 2—3 *km* dicke Zone der Erdoberfläche aus einem 300 *km* breiten Streifen auf einen nur mehr 50 *km* breiten zusammengeschoben.

Was geschieht aber nun mit den tieferen Schichten dieses Erdstreifens?

Lassen wir auch diese in gleicher Weise wie die Deckschichten auf  $\frac{1}{6}$  der Breite zusammendrücken, so erhalten wir schon bei einer Tiefe von 10 *km* eine Schwellung von 60.000 *m*, bei einer Tiefe von 20 *km* eine solche von 120.000 *m*, bei einer von 50 *km* eine solche von 300.000 *m*. Die Zahlen brauchen wohl keine weitere Erläuterung.

Die Ueberfaltungshypothese hat also nur die Wahl, entweder anzunehmen, daß nur eine verhältnismäßig dünne Schichtenlage von weither über einem relativ ruhigen Untergrunde an einer Stelle zusammengeschoben wurde oder sie muß bei einem Tiefergreifen der Faltung den Abgang der damit notwendig verbundenen ungeheuren Massenschwellung erklären.

Im ersten Fall hat natürlich die Bezeichnung „Wurzelregion“ keinen Sinn mehr.

Im zweiten Fall könnte man von einer Wurzelregion sprechen, es ist aber derzeit wohl keine geologische Erfahrung vorhanden, welche mit so gewaltigen Auffaltungen in Beziehung gebracht werden könnte.

Wir sind bei der Erklärung der Gebirgsbildung bisher von der Annahme ausgegangen, daß sich das Gebirge über einer Stelle der Erdoberfläche auftürmte, die vorher mit normaler Schwere ausgestattet war. Wir haben gesehen, daß sich in diesem Falle die Herausbildung einer Stelle von geringerer Schwere nur sehr gezwungen erklären läßt.

Machen wir nun aber die Annahme, daß, wie wir schon früher wahrscheinlich zu machen suchten, die Erde von jeher eine unregelmäßige Schwereverteilung und damit auch Massenverteilung hatte, so bereitet uns die Verbindung von Schwerstörungen mit der Gebirgsbildung keine Hindernisse mehr.

Ich habe seit längerer Zeit im Gegensatz zur Kontraktions- und Ueberfaltungshypothese in der Frage der Gebirgsbildung die Annahme vertreten, daß die Gebirge nur die oberflächliche Abbildung von Bewegungen in ihrem Untergrunde vorstellen. Diese Bewegungen sind aller Wahrscheinlichkeit nach Einsaugungen gegen die Tiefe zu,

welche die darüber befindlichen leichteren Massen veranlassen, von den Seiten her in diese Senkungszone hereinzudrängen.

Für die Verschluckungshypothese ist daher ein Massendefekt gewissermaßen das Normale, der im Laufe der Gebirgsbildung eine mehr minder genaue oberirdische Zufüllung von den Seiten her erlangt.

Während nach der Ueberfaltungshypothese die Auftürmung der Falten eine Ueberbelastung vorstellt, die nur durch ein unterirdisches Abfließen von Massen ganz oder teilweise ausgeglichen werden kann, bedeutet die Gebirgsbildung nach der Verschluckungshypothese die Zuschüttung einer großangelegten Versenkungszone. Im ersten Falle könnte man einen Massendefekt nur schwierig erklären, da es wohl sehr unwahrscheinlich ist, daß zur Ausgleichung unterirdisch mehr Masse abfließt als oberirdisch aufgeladen wird.

Im zweiten Falle würde ein Massendefekt wohl so zu deuten sein, daß die Zufaltung mit leichteren Schichten von den Seiten her nicht den ganzen Fehlbetrag zu decken vermochte.

Jedenfalls bereitet das Vorhandensein von Massendefekten der Verschluckungshypothese nicht die geringste Schwierigkeit in ihrem Erklärungsgange.

**J. V. Želízko.** Geologisch-mineralogische Notizen aus Südböhmen. II. Teil<sup>1)</sup>. (Mit 4 Textabbildungen.)

#### 14. Pyroxengestein-Injektionen im kristallinen Kalke bei Wolin.

In dem im Jahre 1913 aufgeschlossenen neuen Bruche im kristallinen Kalke auf dem nördlich von der Stadt Wolin gelegenen, bereits im I. Teile dieser Notizen öfters besprochenen Děkanický vrch findet man drei unregelmäßig breite Injektionen eines infolge der starken Zersetzung auf den ersten Blick schwer näher bestimm-  
baren Gesteines (Abbild. 1). In diesem Zustande wies dasselbe eine dunkelgraugrüne, stellenweise rostige Farbe auf, manche Partien desselben waren auch in eine mürbe, limonitähnliche Masse mit zahlreichen Löchern nach Pyritkristallen verwandelt. Diese, sowie auch die anderen, wiederum serpentinähnlich zusammengesetzten Partien, sind wahrscheinlich das Endprodukt der Umwandlung des Gesteines.

Die oberste und breiteste, ca. 60 cm mächtige, den Kalkstein fast in horizontaler Richtung durchdringende Schicht des genannten Vorkommens, steht auf der östlichen Seite mit der mittleren schmalsten nur einige Zentimeter messenden, und gegen Westen schief einfallenden Injektion in Verbindung.

Einige unverwitterte, der tieferen Lage entstammende Stücke sind auffallend schwer, auf den Spaltungsflächen dunkelgrün und mattglänzend; stellenweise kommen darin auch Quarzkörner und Adern, sowie zahlreiche Pyritkristalle vor.

Ein ähnliches Vorkommen ist meines Wissens nach aus der weiteren Gegend von Wolin unbekannt.

Die petrographische Untersuchung durch Herrn Bergrat Dr. K. Hinterlechner ergab folgendes Resultat: U. d. M. herrscht ein

<sup>1)</sup> I. Teil, Verhandl. d. k. k. geol. R.-A., Nr. 12, 1916.