

Sitzungsberichte
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften
Stiftung Heinrich Lanz

Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

==== **Jahrgang 1925. 11. Abhandlung.** ====

Magmatische Hebungen

(Mit besonderer Berücksichtigung von Calabrien)

Von

Wilhelm Salomon

in Heidelberg

—
Eingegangen am 4. September 1925.



Berlin und Leipzig 1925

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung / J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts galt es als selbstverständlich, daß es magmatische Hebungen gäbe und daß sie bei der Bildung der Gebirge eine sehr bedeutende Rolle spielten. Allerdings war diese Ansicht erst nach dem Tode WERNERS durchgedrungen, dessen Autorität vorher den Neptunismus gestützt hatte. Daher schrieb GOETHE in den *Zahmen Xenien* VI:

Kaum wendet der edle Werner den Rücken,
zerstört man das poseidaonische Reich,
wenn alle sich vor Hephästos bücken,
ich kann es nicht sogleich.

Dann aber herrschte der Plutonismus bis in die 70er Jahre, obwohl schon vorher einige mutige Gegner gegen ihn aufgetreten waren, z. B. SCHIMPER, v. DÜCKER und RUNGE.¹⁾ Freilich die Erhebungstheorie der Kratere war schon lange durch die Aufschüttungstheorie verdrängt worden. Aber die aktive Rolle der Zentralmassive wurde doch allgemein erst abgelehnt, als EDUARD SUESS (Entstehung der Alpen), ALBERT HEIM, BALTZER u. a. das hohe Alter und die Passivität einiger alpiner Zentralmassive nachwiesen (Montblanc, Aiguilles Rouges, Finsteraarhorn usw.). Und nun verließ man die in Deutschland so lange durch L. v. BUCH gestützte plutonische Theorie, leugnete die magmatischen Hebungen und nahm als alleinige Energiequelle für die Gebirgsbildung die Kontraktion der Erde an.

Ja E. SUESS ging so weit, überhaupt jede Hebung zu leugnen. Seine Horste waren nur relativ zur Umgebung stehengebliebene Schollen, die sich nicht so stark wie diese oder überhaupt nicht mitgesenkt hatten. Hochliegende Strandlinien erklärte er durch eustatische Bewegungen des Meeres. — Bei seiner genialen Art, die Dinge zu erfassen und darzustellen, bei seiner unglaublichen Beherrschung der Literatur und bei der aus ihnen folgenden unerhörten Autorität, deren er sich erfreute, gab es nur sehr wenige Forscher, die sich dieser neuen Auffassung entzogen und dem allgemein gewordenen Dogma nicht huldigten. Beobachtungen, die für das Gegenteil sprachen, wurden nicht geglaubt oder nicht beachtet oder anders gedeutet. So kam es, daß die Entdeckung der Lakkolithen in Nordamerika, die sehr deutlich eine aktive Rolle des Magmas zeigten, fast unverwertet blieb. Auch ver-

¹⁾ Eine gute Darstellung dieser Entwicklung enthält NEUMAYR, Bd. I der Erdgeschichte, III. Aufl., bearbeitet von F. E. SUSS, S. 400.

suchte man die Lakkolithen durch tektonischen Abstau und nachträgliches Eindringen des Magmas in die unabhängig von ihm geschaffenen Hohlräume zu erklären. Als ich 1897, 1899 und 1901 für tertiäres Alter einiger alpiner Zentralmassive und für aktive Hebung durch Magma eintrat, galt das daher als Ketzerei und fand lange überhaupt keine Beachtung (siehe Grundzüge der Geologie, I. Bd., Stuttgart bei Schweizerbart 1924, S. 172 Anm. 1 u. 2). Auch als VOLZ, BÖSE und BURCKHARDT 1905 bzw. 1906 Hebung durch Magmen verfochten, war noch kein Umschwung zu erzielen. Allenfalls verstand man sich dazu, Hebung einzelner, nach unten konvergenter Keilschollen durch Seitendruck zuzugeben. Inzwischen hatte aber eine schon lange bekannte, wenn auch wenig in den Vordergrund getretene Lehre, die von PRATT begründete, von DUTTON so benannte Theorie der Isostasie eine immer größere Bedeutung und Anerkennung gefunden. Trotz E. SUESS kam man immer mehr zu der Annahme, daß Belastung einer Scholle ein Einsinken in die säkularflüssigen¹⁾ Zonen des Erdinneren, Entlastung ihr Aufsteigen zur Folge habe. So drang der Begriff einer wirklichen „Hebung“ auf einem allerdings ganz abweichenden Wege von neuem in die Geologie ein und wurde in zahlreichen Arbeiten ausgebaut. Immerhin hatte diese isostatische Hebung mit der Hebung LEOPOLD v. BUCHS nichts zu tun. Aber sie ist für mich ebenso wie für WEGENER der stärkste Gegengrund gegen die Erklärung der orogenetischen Faltung durch eine Kontraktion der Gesamterde.²⁾ In einem Gewölbe, das unter tangentialen Drucke steht, kann kein Stein durch Belastung einsinken, durch Entlastung aufsteigen! Aber auch noch zahlreiche andere Gründe scheinen anderen und mir gegen die Kontraktionstheorie zu sprechen. Ich habe eine Übersicht darüber in den „Grundzügen der Geologie“, Bd. I S. 162—163 u. S. 166 f. gegeben. Diese Gründe sind es, die zuerst AMPFERER, später SCHWINNER und KOSSMAT veranlaßt haben, „Unterströmungstheorien“, oder wie man wohl einfacher sagen kann, „Strömungstheorien“ an die Stelle der Kontraktionstheorie zu setzen.

¹⁾ Siehe Sitz. Ber. Heidelberger Akademie Wiss. Mathem. Naturw. Klasse Abt. A 1924, 9. Abhandl. S. 10.

²⁾ WEGENER, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, III. Aufl. 1922, S. 11 (II. Aufl. S. 7). Auch sonst ist die WEGENERSche Kritik der Kontraktionstheorie (S. 8—11) sehr eindrucksvoll und lesenswert. Er zitiert auch einige von mir nicht angeführte Arbeiten über den Gegenstand wie HERGESELL, BÖSE, REYER usw. Übrigens kann ich nicht zugeben, daß es HAUG und anderen gelungen sei, die Kontraktionstheorie mit der Theorie der Isostasie in Einklang zu bringen (Traité de Géologie I, Paris 1911, S. 534).

Darauf gestützt, hat schon ANDRÉE in seiner Schrift „Über die Bedingungen der Gebirgsbildung“ (Bornträger, 1914, S. 6f.) die Kontraktionslehre als widerlegt angesehen. Auch DACQUÉ hat in seiner vortrefflichen Paläogeographie (Jena bei G. Fischer 1915) auf S. 110f. die Kontraktionslehre einer sehr beachtenswerten Kritik unterworfen. Er sagt angesichts der Ergebnisse von TAMMANNS „Kristallisieren und Schmelzen“, daß „die Abkühlung des Erdkörpers, wenn sie überhaupt stattfindet, ein außerordentlich komplizierter Prozeß war und ist, angesichts dessen die Kontraktionstheorie in ihrer gewöhnlichen Form geradezu naiv anmuten muß“ (von mir gesperrt). TAMMANN hat nämlich auf S. 181—184 erörtert, welche „Änderungen des Aggregatzustandes bei der Abkühlung eines chemisch homogenen Weltkörpers“ stattfinden können. Schon bei einem solchen Weltkörper ist ganz verschiedenes Verhalten, je nach den unbekanntem physikalischen Voraussetzungen möglich, nämlich 1. Bildung der ersten kristallisierten Schicht nicht an der Oberfläche, sondern in der dem maximalen Schmelzpunkte entsprechenden Tiefe, 2. Bildung einer Erstarrungskruste an der Oberfläche. Bei einem wie unsere Erde nicht chemisch homogenen Weltkörper liegen die Verhältnisse aber viel verwickelter. „Es können sich dann konzentrische Schalen von Kristallisiertem bilden, zwischen denen sich noch Schichten von Flüssigem befinden. Die Diskussion dieses Problems ist ohne vorhergehende Angabe der Stoffe, aus denen die Kugel besteht, nicht möglich.“ Bekanntlich streiten wir uns aber bisher immer noch über die Art und Anordnung dieser Stoffe im Erdinneren. — Eine klare und kurze Darstellung der AMPFERERSCHEN Kritik der Kontraktionslehre findet sich auch bei S. v. BUBNOFF in dessen Buche „Die Grundlagen der Deckentheorie in den Alpen“ (Stuttgart 1921, bei Schweizerbart, S. 111 bis 115). Ich hebe übrigens bei dieser Gelegenheit ausdrücklich hervor, weil das manchmal mißverstanden zu werden scheint, daß auch mit den Strömungstheorien der Deckenbau der Alpen erklärt werden kann, daß man also diesen nicht etwa als einen Beweis für die Richtigkeit der Kontraktionslehre ansehen darf. So führt STAUB (Der Bau der Alpen, 1924, S. 228f.) die Faltung der Alpen und des Himalayasystems auf den „Nordschub“ Afrikas bzw. Indiens zurück. ARGAND (La tectonique de l'Asie, Comptes rendus des sog. „XIII. Internationalen Geologenkongresses“ 1922, S. 171f.) folgt ähnlichen Gedankengängen, kommt aber schon zum Zweifel an der Richtigkeit der Kontraktionslehre. Denn er sagt auf S. 327 wörtlich: „Si la théorie de la contraction passe pour inconciliable avec le mobilisme (nämlich der WEGENER-SCHEN Theorie), il n'en est pas de même de la contraction, si elle

a lieu. Mais comme on l'a relevé, personne ne saurait dire, si en ce moment, la Terre se réchauffe ou se refroidit¹⁾ (von mir gesperrt).

WEGENER selbst, bei dem das Abtriften der Kontinente ja im Verhältnis zu KOSSMAT riesenhafte Maße annimmt und auch andere Ursachen hat, findet in der Deckentheorie keine Schwierigkeiten. Die Annahme des Deckenbaues ist also nicht etwa ein Hindernis für die Gegner der Kontraktionslehre.

Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, um zu sagen, wie ich die WEGENERSche Kontinentalverschiebungstheorie jetzt beurteile. Ich bekenne ganz offen, daß ich, der ich seinerzeit in Frankfurt Gelegenheit hatte, WEGENERS ersten Vortrag über den Gegenstand zu hören, ihm damals ganz ablehnend gegenüberstand. Es machte mir den Eindruck, als ob wesentlich bestimmend für die zweifellos geistreiche Idee der Küstenverlauf der beiden Ufer des Atlantischen Ozeans sei, daß aber keine wirklich einleuchtende Begründung für eine so grundstürzende Hypothese gegeben würde. Seitdem hat aber WEGENER sowohl auf seinem eigenen Gebiete, der Geophysik, wie auf unserem Gebiete, der Geologie, so viel Tatsachenmaterial beigebracht, daß ich es für falsch und unberechtigt halten würde, seine Hypothese einfach abzulehnen. Sie zwingt uns auf alle Fälle, eine ganze Reihe von bisher dogmatisch feststehenden Deutungen auf die Richtigkeit ihrer Grundlagen zu untersuchen. Auch wenn WEGENER, wie mir scheint, zuviel geologische Probleme erklären will, hat man die Pflicht, in jedem einzelnen Falle nachzuprüfen, inwieweit seine Voraussetzungen richtig sind. Das uns Geologen mindestens zuerst ungeheuerlich erscheinende Ausmaß seiner „Landtriften“ ist jedenfalls kein Gegengrund, sobald man, wie KOSSMAT und ich mit ihm, ein kleines Ausmaß für möglich hält. Denn bei der Länge der zur Verfügung stehenden Zeiträume kann sich ein kleiner Abstand im Laufe der Erdperioden stark vergrößern. Das ist jedenfalls zweifellos, daß wir, falls WEGENER auch nur zum Teil recht behielte, eine ganze Anzahl von schwierigen und jetzt kaum zu erklärenden Klimaproblemen der Vorzeit viel besser deuten könnten.

Die physikalische Möglichkeit einer „Landtrift“ scheint mir nach allem, was wir an Beobachtungen über Isostasie zur Verfügung haben, jedenfalls vorzuliegen. Der Hauptunterschied zwischen den Strömungs-

¹⁾ Eine irrige Vorstellung von ARGAND möchte ich hier verbessern. Er sagte in seinem Vortrage (S. 171) vor dem „Internationalen Kongresse“: „Si le maître revenait parmi nous.“ Er vergaß dabei nur eins. Wenn „der Meister“ zu seinem Vortrage nach Brüssel gekommen wäre, würde er als Deutsch-Österreicher an der Türe zurückgewiesen worden sein. (EDUARD SUSS.)

theorien in der KOSSMATschen Form und der WEGENERSchen Theorie liegt meiner Ansicht nach darin, daß bei SCHWINNER-KOSSMAT die säkularflüssigen Massen strömen und durch „Friktionskuppelung“ die festen Schollen der Erdoberfläche mitnehmen. Bei WEGENER sind es die festen Massen, die sich bewegen und die Reibung gegen die flüssigen Massen überwinden müssen. Der Endeffekt ist derselbe. Die festen Massen werden gegen die Geosynklinalen getrieben und verwandeln sie in Faltengebirge. — Ich hebe ausdrücklich hervor, daß mir die gegen WEGENER gerichteten Kritiken von DIENER und SOERGEL wohl bekannt sind, daß ich sie aber nicht für einen durchschlagenden Gegenbeweis halten kann. Schwieriger zu entkräften scheinen mir die Einwände von AMPFERER zu sein.¹⁾

Eine wichtige Arbeit über den Gegenstand hat WALTER SCHMIDT im Bd. 72 des Jahrbuches der Geologischen Bundesanstalt (Wien 1922, S. 1—18) geliefert. Er zeigt auf einem Wege, der mit dem AMPFERERschen nicht ganz identisch ist, die physikalische Unmöglichkeit der Kontraktionslehre. Freilich wendet er sich auch gegen die Strömungstheorien und nimmt mit unbedeutenden Modifikationen die WEGENERSche Theorie an. Sein Hauptunterschied gegenüber WEGENER ist in folgenden Sätzen enthalten: „Eine wesentliche Vorstellung erscheint mir der Gegensatz zwischen mächtigen salischen Kontinentalmassen und den Ozeanen mit Salmangel. Ich halte es aber für eine überflüssige Belastung der Hypothese, völlige Freiheit der Urozeane von salischer Bedeckung zu verlangen. Meiner Ansicht nach dürften im Ausgangszustand alle Übergänge von der Mächtigkeit der damaligen Kontinentalscholle zu der Mächtigkeit 0 oder einer Minimalmächtigkeit vorhanden gewesen sein. Auch für die Sekundärozeane kann eine salische Bedeckung von wechselnder Mächtigkeit ganz ruhig angenommen werden, ohne den Vorstellungswert zu ändern“ usw. (S. 14).

Ich halte diese SCHMIDTSche Veränderung für eine Verbesserung der WEGENERSchen Hypothese. Nicht überzeugt bin ich von der Stichhaltigkeit seiner Kritik an den Strömungshypothesen (S. 10). Dort heißt es: „Aktiv sind also Reibungen an der Unterfläche der Scholle, Widerstand gleichfalls Reibung an der Unterfläche, aber das eine im „Wurzelgebiet“, das andere im „Aufschiebungsgebiet“. Es ist klar daß auch hier Summierung der Spannungen eintreten muß. Diese Fassung der Hypothese unterliegt für mich daher auch denselben begrifflichen Schwierigkeiten wie die Kontraktionshypothese.“ Auf S. 16

¹⁾ Über Kontinentalverschiebungen. Naturwissenschaften XIII, 1925, S. 669 bis 675.

sagt SCHMIDT aber von der WEGENERSchen Hypothese: „Dadurch, daß die horizontalen Kräfte nur im „Überstande“ angreifen, erklärt sich vielleicht auch noch eine andere Eigenart der Gebirge, daß so häufig der Erdkruste gleichsam die Haut abgezogen und zum Gebirge zusammengefaltete erscheint, eine Erscheinung, die vielleicht doch nicht bloß in der verschiedenen Festigkeit der höheren und tieferen Krustenschichten begründet ist, sondern darin, daß auch die Kraft nur an den höheren Schichten angriff, die tieferen nur durch Reibung mitnahm“ (von mir gesperrt). Bei dieser Formulierung scheint es mir, als ob genau dieselbe Schwierigkeit besteht wie bei der Reibung im Falle der Strömungstheorien. Ja, wenn bei diesen die fließende säkularflüssige Masse sich nur an tieferen flüssigen Massen reibt, würde bei der SCHMIDTSchen Formulierung die Reibung sogar zwischen fest und fest stattfinden. Eine Summierung der Spannungen wird aber auch hier verlangt werden müssen.

Auf alle Fälle lehnt aber SCHMIDT die Kontraktionslehre ab und erklärt die Falten- und Deckenbildung durch „Landtrift“.

Es wäre nun falsch zu glauben, daß sich die neuen Strömungstheorien oder die WEGENERSche Theorie durchgesetzt hätten. Die große Mehrheit der geologischen Forscher hält nach wie vor an der Kontraktionslehre fest und steht daher auch der Annahme einer aktiven Rolle des Magmas feindlich gegenüber. Ich erinnere hier nur an die Darstellung in EMANUEL KAYSERS Lehrbuch der Geologie, wo ALBERT HEIM und KAYSER zusammen mit der ganzen Autorität, die ihnen eine vieljährige meisterhafte Tätigkeit verschafft hat, und mit großer Geschicklichkeit für die Kontraktionslehre eintreten. Auch CLOOS und STILLE, deren ausgezeichnete Arbeiten und ungewöhnliche Verdienste um den Fortschritt tektonischer Forschung niemand mehr anerkennen kann als ich, stehen offenbar auf demselben oder einem ganz ähnlichen Standpunkt. So schreibt STILLE in seinem neuen ausgezeichneten Werke „Grundfragen der vergleichenden Tektonik“ (Borntäger 1924) auf S. 255, indem er sich dabei unmittelbar auf die bekannten Untersuchungen von CLOOS stützt: „Aber auch im Falle, daß die Dokumente des Fließens (des Magmas) echte Fluidalstrukturen sind, bleibt das Fließen eine Erscheinungsform der „Tektonik“, solange man die Annahme aufrechterhält, daß tektonischer Druck das Magma vortreibt.“ Und diese Annahme machen beide. Auf S. 256 heißt es: „Wenn wir mit CLOOS die magmatischen Intrusionen, ja auch teilweise die Extrusionen als die „Tektonik“ eines hochmobilen Materiales auffassen, so stehen wir hier der höchsten Form der Orogenese gegenüber.“

Durchaus logisch auf diesen Prämissen weiterbauend, sagt STILLE dann auf S. 370, daß CLOOS „von der Vorstellung ausgeht, daß die Bewegungen des Magmas durch die gleichen Kräfte bedingt werden wie die Bewegung der normalen Gesteine.“ Und so kommt er schließlich zu der klaren und von seinem Standpunkte aus einwandfreien Formulierung: „Vor hundert Jahren rückten die tektonischen Vorgänge als angebliche Folge von Intrusionen in die Reihe der vulkanischen Geschehnisse ein. Die Auffassung ist nunmehr die umgekehrte, und die vulkanischen Geschehnisse stehen in der Reihe der tektonischen.“

Freilich scheint mir CLOOS in seinem neuesten, in vieler Hinsicht grundlegenden Werk über das Riesengebirge seinen Standpunkt etwas verändert zu haben. Er sagt z. B. auf S. 177–178: „In der heutigen Lagerung stecken mindestens vier Aufrichtungen: 1. die ursprüngliche durch Faltung, Injektion und Bildung des ersten Gewölbes; 2. diejenige durch den Granitaufstieg (von mir gesperrt); 3. diejenige mit der Wölbung der erstarrten Granitdecke; 4.“ usw. Der Punkt 2 scheint mir eine aktive hebende Kraft des Granites zuzugeben. Ferner heißt es auf S. 178: „daß bereits vor der Ankunft des Granites ein breites und hohes, dem heutigen ähnliches Gewölbe vorhanden war und daß dieses durch den Granit nicht gebildet, sondern nur weitergebildet ist“. Diese Weiterbildung ist doch aber eine Emporwölbung. Weiter sagt CLOOS auf S. 4 geradezu: „daß in Schlesien eine vertikale Bewegungskomponente mitspielt. Wie weit diese selbst wieder auf dieselben „tektonischen“ Antriebe zurückgeht, denen auch die Massivumgebung unterlag, ist eine Frage, die zunächst offen bleiben dürfte“, Endlich sagt er: „Gerade in dem zuletzt untersuchten Gebiete des Riesengebirges kommt man mit vertikalen, von unten gegen oben gerichteten Bewegungen sogar ziemlich weit. Ein großer Teil der Erscheinungen wird ausreichend verständlich, wenn man sich eine granitische Schmelzmasse in eine ruhende, ihr gegenüber rein passive Umgebung aufsteigend und eindringend denkt.“ Das ist immerhin schon eine Modifikation der Formulierung, wie sie STILLE auf Grund der früheren CLOOSSchen Arbeiten mit Recht gegeben hat. Sobald man sich aber so wie CLOOS jetzt äußert, ist doch kein Grund einzusehen, warum der das Granitmagma emportreibende Druck an der Sedimentdecke haltgemacht haben sollte.

F. E. SUSS hält im wesentlichen an der Kontraktionslehre fest und betont immer wieder mit einem großen Aufwande von Kenntnis, Erfahrung und Scharfsinn die Bedeutung der eustatischen Bewegungen des Meeres zur Erklärung vieler scheinbarer Hebungen epirogenetischer

Art (Geolog. Rundschau XI, 1920, S. 144f., 249 f., 361 f. und NEUMAYR, Erdgeschichte Bd. I, Aufl. III, Leipzig 1920). Auch einer Hebung durch Magmen steht er sehr skeptisch gegenüber. Doch gibt er immerhin eine „gewisse hebende Kraft“ zu (Erdgeschichte S. 59). Von den Lakkolithen gibt er auf S. 140 an, daß sie die Sedimente „domförmig emporgewölbt haben“. Auf S. 174 hebt er hervor, daß von „einer Anzahl hervorragender Geologen manchen granitischen Massen eine aktive Rolle bei der Aufstauung der Schichten zugeschrieben wird“. KOBER steht ganz auf dem Boden der Kontraktionslehre.

DALY (Abyssal igneous injection as a causal condition and as an effect of mountain-building, Am. Journ. of Sc. Ser. 4 1906, 22, S. 195 bis 216) entwickelt ebenfalls eine völlig auf der Kontraktionslehre aufgebaute Vorstellung. Er erkennt zwar einen deutlichen Zusammenhang zwischen Tiefeninjektionen und Gebirgsbildung, kommt aber zu der Annahme, daß über den Injektionen gerade Senkungsfelder entstünden. In diesen, die den Charakter von Geosynklinalen annehmen könnten, entstünden dann die Faltengebirge. Andererseits nimmt er aber doch an, daß der Betrag der Schrumpfung der Erde durch Magmazufuhr, Absatz aus Lösungen in Hohlräumen und durch Hydratisierung in der Nähe der Erdoberfläche kompensiert, ja vielleicht übertroffen werden könne.

Jedenfalls steht also auch DALY noch völlig auf dem Boden der in den letzten 60 Jahren herrschenden Anschauungen über die Energiequellen der Gebirgsbildung.

STAUB (Bau der Alpen, 1924, S. 245) erkennt zwar deutlich einen Zusammenhang zwischen orogenetischen Phasen und Magmaförderung, behauptet aber, daß „die großen magmatischen Hauptparoxysmen stets erst gegen das Ende der Hauptgebirgstörung erscheinen“. . . . „Immer wird der Vulkanismus durch die Gebirgsbildung erst ausgelöst, und nie und nimmer kann er daher, wie in phantastischen Spekulationen von schlechten Kennern der Alpen immer wieder behauptet wird, die primäre Ursache der Orogenese sein.“

HAUG (Traité de Géologie) steht im wesentlichen auf dem Boden der Kontraktionslehre, wenn er auch isostatische Bewegungen zugibt. Aber er schreibt auf S. 531 den bemerkenswerten Satz: „La surrection des chaînes de montagnes, consécutive au plissement, peut donc être assimilée à la formation des aires de surélévation et des aires continentales. Elle rentre dans la catégorie des mouvements épirogéniques.“ Das ist aber dieselbe Unterscheidung, die auch ich mache, und deren Vernachlässigung meiner Ansicht nach zu Unrecht dazu geführt hat, magmatische Hebungen bei der Gebirgsbildung aus-

zuschließen. Man hat in der letzten Periode der Geologie meist ohne weiteres vorausgesetzt, daß die Faltung den Gebirgen ihre heutige Höhe verliehen habe. Es ist aber sehr wohl möglich, daß von dieser nur ein Teil auf die Faltung entfällt, ein anderer auf nachträgliche epirogenetische Hebung, die ich in sehr vielen Fällen auf aktive Hebung durch das Magma zurückführen möchte.

PARONA (Trattato di Geologia, II. Aufl., Mailand 1924, S. 283) entwickelt einen ähnlichen Gedankengang wie HAUG, indem er sich dabei auf Ausführungen von DE MARCHI und DE LAUNAY stützt. Er sagt wörtlich: „Die Deckenbildungen (Fenomeni di carreggiamento) sind non solo di origine profonda, ma anche di data anteriore al sollevamento.“ Er trennt also auch die Faltung von der vertikalen Hebung des Gebirges.

NÖLKE (Geotektonische Hypothesen, Berlin 1924) steht ebenfalls auf dem Boden der Kontraktionslehre. Aber seine Kritik der „plutonischen oder Erhebungshypothese“ besteht im wesentlichen darin, daß er die Bildung von Faltengebirgen durch plutonische Hebung ablehnt (S. 49 — 51). Für mich handelt es sich aber gar nicht um die Erklärung der Faltung (STILLES Undulation), sondern um die Erklärung epirogenetischer Hebungen, bei denen die Isostasie versagt. Er selbst gibt zu: „Aufsteigende Eruptivmassen sind wohl imstande; die auflagernde Sedimentdecke zu heben und zu zerbrechen.“

ERDMANNSDÖRFFER (Grundlagen der Petrographie, Stuttgart 1924 S. 40f.) untersucht sehr genau die verschiedenen Annahmen über die Bildung der jetzt von „subkrustalen Massen“ eingenommenen Räume. Er hebt hervor, daß „in sehr häufigen Fällen das Magma sich seinen Platz durch mechanische Fortbewegung der Gesteinsmassen erworben hat, die vorher seinen Raum einnahmen“. Es ist aber nach ihm nicht immer möglich zu unterscheiden, ob der Schmelzfluß aktiv die Nebengesteine verdränge oder „ob gleichzeitig tektonische Eingriffe ganz oder z. T. Träger des mechanischen Geschehens sind, so daß das Magma eine mehr passive Rolle spielt“. Jedenfalls hält er aber eine aktive mechanische Arbeit der Magmen nicht nur für möglich, sondern auch in einer Reihe von Fällen für wirklich eingetreten.

CHAMBERLAIN und SALISBURY (Geology, 2. Aufl., London 1909) stehen ziemlich genau auf dem Standpunkt von EDUARD SUËSS. Sie sagen (S. 538): „Die wirklichen Bewegungen gehen nach SUËSS alle abwärts, wenn auch in verschiedenem Maße. This is probably the general fact at least. Over against this is the popular disposition to regard earth movements generally as „upheavals“.“ — Auf S. 545

fügen sie hinzu: „The true conception is perhaps that the ocean-basins and continental platforms are but the surfaceforms of great segments of the lithosphere, all of which crowd towards the centre, the stronger and heavier segments taking precedence and squeezing the weaker and lighter ones between them.“ Schärfer kann man eigentlich die SUESSsche Vorstellung gar nicht ausdrücken.

O. FISHER veröffentlichte im *Americ. Journ. of Sc.* (Ser. 4 Bd. 21 S. 216—220) 1906 eine kleine Arbeit: „A suggested cause of Changes of Level in the Earth's Crust.“ Er geht dabei von der als sicher vorausgesetzten Abkühlung der Erde und von der Annahme einer flüssigen Zone unter der starren Kruste aus. In dieser flüssigen Zone sollen Konvektionsströmungen stattfinden. Aufsteigende Strömungen sollen die Erdkruste heben, absteigende senken. Auf den Festländern soll sich das unmittelbar, aber in räumlich beschränkter Ausdehnung äußern. Betreffen diese Niveauänderungen aber den Meeresgrund, so werden dadurch außerordentlich weitreichende Strandverschiebungen an den Rändern der Festländer erzeugt. Zum Schluß erwähnt FISHER, daß sehr genaue Pendelbeobachtungen in Indien nach einem Zwischenraum von 30—39 Jahren erhebliche Unterschiede in der Stärke der Schwerkraft nachgewiesen haben. Diese Unterschiede seien nicht durch Beobachtungsfehler, sondern durch Strömungen in der flüssigen Zone zu erklären. — Man sieht, daß FISHER, obwohl auf dem Boden der Kontraktionslehre stehend, dennoch aktive Hebungen durch Magmaströmungen annimmt. Er steht dadurch in der Mitte zwischen den beiden sonst ziemlich scharf getrennten Gruppen von Forschern.

Für mich liegen die Dinge, wie ich im folgenden zeigen will, beinahe umgekehrt wie für die Anhänger der Kontraktionslehre. Ob eine Kontraktion der Gesamterde seit dem Archäozoiikum eingetreten ist, scheint mir zum mindesten höchst zweifelhaft.¹⁾ Sicher ist nur ein Energieverlust. Es kann sich aber so viel andere Energie in Wärme umgesetzt haben, daß eine Schrumpfung nicht stattzufinden brauchte. Dagegen können positive und negative Volumenänderungen der höher liegenden säkularflüssigen Magmen und ihre Strömungen eine vollständig ausreichende Energiequelle darstellen, um sämtliche orogenetischen und nichtisostatischen epeirogenetischen Vorgänge zu erklären. Trifft aber das letztere zu, dann würde ich sagen: Die Tektonik der normalen festen Gesteine ist lediglich die Folge einer Reaktion der

¹⁾ WEGENER schreibt a. a. O. S. 98: „Es ist wohl der Wahn von einer fortdauernden, merklichen Abkühlung der Erde, dessen Ketten die Geologie noch immer nicht abgestreift hat.“

äußeren Erdkruste auf die Orts- und Volumenänderungen der Magmen, gleichgültig, ob die Volumenänderungen örtlich Schrumpfungen oder Schwellungen waren. Auch aus örtlichen Schrumpfungen, die ich gar nicht bestreite, darf man noch nicht auf eine Schrumpfung der Gesamterde und noch viel weniger auf eine Gewölbespannung der äußeren Erdkruste schließen.

Ich verlasse nun diese allgemeinen Betrachtungen und gehe zu den besonderen Beobachtungen über, die mich jetzt von neuem dazu bringen, auf die schon mehrmals von mir behandelte Frage einzugehen.

In diesem Frühjahr hatte ich dank einer Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft¹⁾ endlich einmal Gelegenheit, Süditalien südlich von Pästum und einen Teil von Sizilien 2 Monate lang zu durchwandern. Mein ursprüngliches Hauptziel war dabei die Lösung der Frage gewesen, ob die kristallinen Massive der Sila, der Küstenkette (catena litorale, bei PHILIPPSON, Das fernste Italien S. 138, Kette von Paola), der Serra, des Aspromonte und des Peloritischen Gebirges zum Systeme der variskischen Gebirge West- und Mitteleuropas gehören, wie das DE LORENZO annimmt.²⁾ Aber sehr bald wurde an Ort und Stelle meine Aufmerksamkeit auf ein anderes, schon oft in der Literatur behandeltes Problem gerichtet, nämlich auf die Entstehung der riesigen Terrassen (Aufschüttungs- und Abtragungsfächen) welche diese Massive umgürten. Ich hoffe auf diese Frage und auf andere, die damit in Verbindung stehen, in einer späteren Arbeit ausführlicher eingehen zu können. Heute sei es mir gestattet, schon kurz einige Hauptpunkte herauszugreifen und zu skizzieren.

Bevor ich das aber tue, ist es meine Pflicht, hervorzuheben, daß es mir nur dadurch möglich war, in so kurzer Zeit zu einer klaren Vorstellung von den Verhältnissen und Problemen zu kommen, weil eine sehr umfangreiche Literatur darüber vorliegt. Vor allen Dingen muß ich hier dankbar der leider zum Teil vergriffenen Karten in 1:100 000 der italienischen geologischen Landesaufnahme, der leider ebenfalls vergriffenen Übersichtskarte Calabriens von CORTESE in 1:500 000 und dessen Buch „Descrizione geologica della Calabria“ gedenken.³⁾ Was CORTESE, NOVARESE, AICHINO, VIOLA und G. DI-STEFANO durch ihre unter sehr schwierigen Verhältnissen erfolgten Aufnahmen (1881—1891) geleistet

¹⁾ Ich spreche den Leitern der Notgemeinschaft und ihren Beratern dafür den aufrichtigsten Dank aus.

²⁾ Geologia e Geografia fisica dell' Italia meridionale. 1904. S. 40 u. 226.

³⁾ Memorie descrittive della carta geologica d'Italia Bd. IX. 1895. Hier sehr viel ältere Literatur.

haben, kann nur der genügend würdigen, der an Ort und Stelle die abnorm tiefgreifende Verwitterung und die noch heute großen Schwierigkeiten des Verkehrs und der Unterkunft kennen gelernt hat. Von anderen Werken und Einzelarbeiten nenne ich vor allen Dingen das schon angeführte Buch von DE LORENZO, dann GIGNOUX, Résultats généraux d'une étude des anciens rivages usw. (Travaux du Laboratoire de Géologie Grenoble 1911–1912, Bd. X, S. 1–21). Derselbe, La Calabre. Annales de Géographie XVIII, N. 98, 15 III 1909, S. 141 bis 161 und andere Arbeiten desselben Verfassers. KRANZ, Hohe Strandlinien auf Capri, XIII. Jahresbericht d. geogr. Ges. Greifswald 1911 bis 1912. — F. SACCO, L'Appennino meridionale, Boll. Soc. geol. it. XXIX. 1910. S. 287–366. BELLINI, Alcuni appunti per la geologia dell' isola di Capri Boll. Soc. geol. It. XXI. 1902, S. 7–14 und ders., Ancora sulla geologia dell' isola di Capri. (Ebenda, S. 571–576.) SALMOJRAGHI, Terrazzi quaternari sul litorale tirreno della Calabria Citra. Boll. Com. geol. It. 17, 1886, S. 281–316. — E. CORTESE, I terrazzi quaternari del litorale tirreno della Calabria. Ebendort, S. 480 bis 487. — GÜNTHER, Earth-movements in the bay of Naples. Geogr. Journ. XXII, 1903, S. 121–149 und 269–289. — Auch PHILIPPSONS eigentlich auf einen breiteren Leserkreis berechnetes Buch „Das fernste Italien“ (Leipzig 1925, Akademische Verlagsgesellschaft) enthält eine gute Übersicht und manche interessante Einzelheiten. —

Ganz besonders wertvoll aber war mir die Darstellung von WEPFER, Beiträge zur geologischen Geschichte der südlichen Apenninhalbinsel seit dem Pliozän.“ (N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 46, 1922, S. 382–429). Hier ist nicht nur eine Menge älterer fremder und neuer eigener Beobachtungen vortrefflich verarbeitet, sondern der Verfasser verfolgt auch schon in manchen Punkten dieselben Gedankengänge, denen auch ich nachgegangen bin und die ich im folgenden begründen werde. Dabei hatte ich seine Arbeit zwar vor Jahren flüchtig gesehen, aber nicht mehr in Erinnerung. Um so mehr war ich bei meiner Rückkehr überrascht, als ich die Arbeit wieder in die Hände bekam, oft eine weitgehende Übereinstimmung unserer Anschauungen festzustellen.

Zu nennen wäre nun noch eine Fülle von Arbeiten und Forschern wie BALDACCI, BASSANI, CAPEDE, CREMA, DÉPÉRET, DE STEFANI, FUCINI, FUCHS, GALDIERI, NEVIANI, OPPENHEIM, G. v. RATH, ROVERETO, SEGUENZA, TARAMELLI, WALTHER und SCHIRLITZ usw. Da es aber nicht der Zweck der vorliegenden Arbeit ist, eine Monographie von Calabrien und Sizilien zu schreiben, sondern nur einen an die dortigen Verhältnisse anknüpfenden Gedankengang herauszuarbeiten, so muß ich zu meinem eigenen Bedauern hier eine große Anzahl von Arbeiten über-

haupt ungenannt lassen und kann auch die übrigen nur ganz unvollkommen zitieren. Eine sehr umfangreiche Literaturliste hat übrigens CORTESES Monographie.

Die Terrassen Calabriens.

Die Terrassen haben sehr verschiedene Höhen. Von niedrigen Aufschüttungsebenen, die sich nur etwa 20–50 m über das Meer erheben¹⁾ (z. B. Belvedere marittimo, Paola) bis zu den 1000, ja nach DE LORENZO 1300 m hohen, von mehreren Verfassern ausgezeichnet beschriebenen und von GIGNOUX gut abgebildeten Abtragungsf lächen am Aspromonte, gibt es eine Reihe von Zwischenbildungen. In der Regel unterscheidet man im ganzen 4 Terrassengruppen. DE LORENZO zeichnet sie auf S. 197 und unterscheidet 1. 0–120 m, 2. 300–400 m, 3. 550 bis 700 m, 4. 1000–1300 m. CORTESE unterschied erst 5 Gruppen: 1. 40–60 m, 2. 110–150 m, 3. 300 oder 350 bis 400 und 420 m, 4. 600–650 m, 5. 1050–1200 m. Später (1895) erkennt auch er nur vier an (S. 180–193). Er hebt dabei ausdrücklich hervor, daß die Meereshöhe der Terrassen, insbesondere der obersten, nach Süden immer mehr zunimmt. Auf der Ostseite Calabriens, am ionischen Meere kann er im allgemeinen nur zwei Terrassen unterscheiden, im Cratitale aber auch drei.

Er hielt diese Terrassen für nacheinander entstandene Bildungen, von denen eine jede einem Stillstand langsamer Hebung ihre Entstehung verdanken sollte. GIGNOUX dagegen glaubt, daß sie die zerstückelten Teile einer im wesentlichen einheitlichen Terrasse seien. Die tieferen Terrassen hätten also ursprünglich dieselbe Höhe gehabt wie jetzt die höchsten, seien aber an Verwerfungen an den Rändern der stehengebliebenen Massive verschieden tief abgesunken. Die steilen sie trennenden Hänge seien „Abrupts de failles“. GIGNOUX steht allerdings mit dieser Auffassung fast allein. Auch DE LORENZO, der gewiß ein guter Kenner der Verhältnisse ist, steht auf dem Standpunkt von CORTESE; und WEPFER scheint mir diesen mit guten Gründen zu beweisen. Ich kann es aber an dieser Stelle ganz dahingestellt sein lassen, welche Auffassung mehr für sich hat. Beide haben jedenfalls die Annahme einer mindestens 1000 m hohen Hebung der alten Massive und der ihnen aufgelagerten jüngeren Sedimente gemeinsam. Die Hebung

1. Sie werden von SALMOJRAGHI und WEPFER (S. 388) als fluvial, von CORTESE und anderen als marin angesehen. Ich halte sie für Flußdelten, die im Meere zum Absatz kamen. In Sizilien ist auf der Nordseite eine ungefähr entsprechende durch Fossilien unzweifelhaft als marin erkannte, aber 80–100 m hohe Terrasse vorhanden. GIGNOUX zeigt, daß sie die Küstenebene der „Sizilischen“ Stufe, also des ältesten marinen Diluviums ist (Comptes rendus 28. XII. 1908).

vollzog sich entweder gegen das Ende des Pliozäns oder in der ältesten Zeit des Diluviums, also vor Beginn der vulkanischen Tätigkeit der südlichen Tyrrhenis (Aetna, Vesuv, Liparen usw.). Nach der Auffassung von CORTESE haben die alten Massive der Sila, der Catena litorale und des Aspromonte erst durch die Hebung ihren Zusammenhang bekommen, während das Peloritische Gebirge NO-Siziliens vorher und nachher getrennt war.¹⁾ Nach der Auffassung von GIGNOUX waren alle diese Massive vorher vereinigt und wären erst durch das Absinken an den Randverwerfungen voneinander getrennt worden.

Wie erklärt sich aber die Hebung? Keile, die nach unten verjüngt und durch Seitendruck gehoben worden wären, liegen bestimmt nicht vor. Junge Magmen, die in die uns zugänglichen Teile der Erdkruste eingedrungen wären und eine aktive Hebung nach Art der Lakolithen bewirkt hätten, fehlen. Isostatische Hebung muß abgelehnt werden, weil die Hebung nicht etwa nach einer Entlastung erfolgte, sondern gerade umgekehrt nach der Ablagerung der mächtigen pliozänen und zum Teil sogar noch diluvialen marinen Sedimente auf den erst nachher aufsteigenden Schollen.

Dasselbe gilt auch für den mittleren und nördlichen Apennin. So hebt SACCO (a. a. O. S. 339) hervor, daß marines Pliozän und zwar besonders die Astistufe in den Tälern Agri-Sinni 800–1000 m, in der pliozänen Mulde von Ariano 1100 m und nördlich von Latronico sogar 1200 m erreicht. Im nördlichen Apennin (Emilia) sind die Meereshöhen geringer. Die Tatsache, daß sich aber auch hier das Gebirge erst nach dem Absatz der mächtigen marinen Schichten gehoben hat, besteht ebenfalls zu Recht. Und auch hier ist das Pliozän an zahlreichen Stellen, die ich aus eigener Anschauung kenne, nicht gefaltet, sondern höchstens schwach geneigt. So kommt SACCO zu der Schlußfolgerung, daß ein intensiver „Diastrophismus“ die Tertiärperiode beschloß „facendo emergere tanta parte della penisola italiana“. Worauf dieser Aufstieg beruht, das erörterte er, soweit ich sehe, nicht genauer. Er nimmt aber auf S. 339 an, daß das Pliozän noch von intensiver Faltung (corrugamenti) betroffen worden sei, was ich wegen seiner Lagerung nicht zugeben kann. Störungen sind allerdings an manchen Orten vorhanden, echte größere Faltungen fehlen.²⁾ Wir haben also

¹⁾ Man vergleiche auch die Darstellung des pliozänen Italiens bei ROVERETO (Trattato di Geologia morfologica. Bd. I. 1923, Mailand bei Hoepli, S. 202), der Sizilien und fast ganz Calabrien unter dem Meeresspiegel annimmt.

²⁾ Vgl. auch STILLE, Grundfragen der vergleichenden Tektonik (Berlin 1924, S. 203), der nur unbedeutende Faltungserscheinungen des italienischen Pliozäns kennt und mit seiner wallachischen Faltungsphase in Verbindung bringt.

hier ein schönes Beispiel für das zeitliche Auseinanderfallen von Orogenese und Epeirogenese, wie das STILLE behauptet. Nach Ablagerung des Miozäns starke Faltung, dann stellenweise Abtragung und auf weite Strecken Ablagerung von Pliozän und (?) Diluvium. Zum Schluß starke epirogenetische Hebung, die wahrscheinlich, wenn auch vorübergehend durch kleine Senkungen unterbrochen, noch heute anhält.

Auch WEPFER sagt für unser Gebiet auf S. 416: „Es ist ein klares Gesetz, daß das Land aus dem Meere aufsteigt, und das sich — für sich allein betrachtet — nicht ohne weiteres mit den Forderungen der Isostasie in Einklang bringen ließe.“ Später (S. 419) nimmt er allerdings an, daß die gehobenen Teile Süditaliens im älteren Pliozän durch Abtragung mesozoischer und tertiärer Schichten entlastet worden seien und „daß in der Folge gerade dieser aus kristallinen Gesteinen aufgebaute Teil Süditaliens auch besonders hoch gehoben wird, ganz wie es das Gesetz der Isostasie fordert“. Er fügt aber selbst auf S. 420 hinzu: „Demgegenüber fiele dann freilich die Tatsache des Einbruchs jener kristallinen Massen in der Tyrrhenis ganz aus dem Rahmen der isostatischen Betrachtungsweise.“

Ich habe gegen die Annahme eines isostatischen Aufstieges, selbst wenn im älteren Pliozän eine starke Abtragung geherrscht haben sollte, die größten Bedenken. Denn dann hätte der Aufstieg einsetzen müssen, bevor die mächtige Schichtreihe des mittleren und oberen Pliozäns zur Ablagerung gekommen wäre. Auch das bekannte Nachhinken der isostatischen Kompensationen reicht zur Erklärung dieser starken Verspätung des Aufstieges nicht aus.

Ebensowenig kann man die hohe Lage der Terrassen durch eustatische Senkung des Meeresspiegels erklären. Sie hätte sich ja im ganzen Bereiche des Mittelmeeres in ähnlicher Weise zeigen müssen, während davon nichts bekannt ist. Im Gegenteil kennen wir die Tatsache, daß auf Capri (BELLINI und KRANZ a. a. O.) und am Monte Pellegrino (WEPFER) die höchsten Strandlinien weit hinter den calabrischen zurückbleiben (Capri 200 m, Monte Pellegrino 350 m). Bei Rom liegt das marine Pliozän ebenfalls viel tiefer als in Calabrien. Und auch die Strandlinien der Halbinsel von Salerno stimmen nicht mit denen von Calabrien.¹⁾

¹⁾ ROVERETO (Studi di Geomorfologia, Genova 1908, S. 251) nimmt allerdings auch auf Capri höhere Terrassen an, eine ungefähr dem Gipfel des Solaro (585 m) entsprechende und eine bei 270—290 m. KRANZ wendet sich aber doch wohl mit Recht gegen diese Annahmen; und auch BELLINI unterschied 1902 nur vier Strandlinien, von denen die höchste bei etwa 200 m, die tiefste etwa 5 m über dem Meere liegen sollte. Interessant ist auf alle Fälle der Versuch ROV-

Mir bleibt hier nur die Möglichkeit einer aktiven Hebung des Landes aus ganz anderen Ursachen. Nun sind die gehobenen Massive von sinkenden Krustenschollen umgeben, Tyrrhenis, Adria, Ionisches und afrikanisches Meer, wobei es gleichgültig ist, ob man einzelne dieser Senkungsgebiete etwa als dauernd im Sinken begriffene Geosynklinalen (Adria KOSSMAT)¹⁾ ansieht oder als plötzlich niederbrechende Krustenteile. Wir haben also zwei Möglichkeiten der Erklärung. 1. Die niedersinkenden oder niederbrechenden Schollen tauchen immer tiefer in den säkularflüssigen Untergrund ein und zwingen diesen zur Strömung unter die stehenbleibenden Schollen. 2. Strömungen des säkularflüssigen Untergrundes aus unbekanntem Ursachen führen Massen unter der Tyrrhenis und den anderen Senkungsgebieten weg und treffen sich unter den aufsteigenden Schollen. Das Wegströmen erzeugt das Niedersinken und Niederbrechen. — Gegen die erste Anschauung ist der Einwand gemacht worden, daß das spezifische Gewicht der festen oberen Erdkruste geringer sei als das der unterlagernden säkularflüssigen Massen. Daher könne ein Einsinken, ganz abgesehen von der enormen Viskosität der Unterlage nicht stattfinden. Man wechselt dabei aber „Untersinken“ und „Einsinken“. Das letztere ist selbst bei größerem spezifischem Gewicht der Unterlage nicht nur möglich, sondern notwendig. (Man vergleiche Eis und Holz in Wasser.) Daß auch ein Untersinken stattfinden kann, hat DALY sehr einleuchtend in seiner wichtigen Abhandlung „The Mechanics of igneous intrusion“ gezeigt. (Am. Journ. of Sc. XV 1903, XVI 1903, XXVI 1908. Ser. IV. Denn darauf beruht seine ganze, sicher für viele Fälle gültige Hypothese vom „overhead stopping“, die ich mit „Platztauschhypothese“ übersetzt habe.

Mögliche Ursachen für ein Strömen der säkularflüssigen Massen sind von KOSSMAT angegeben worden. Indessen könnte man es für unwahrscheinlich erklären, daß solche Strömungen von allen Seiten her unter das süditalienische Festland und unter Sizilien geführt haben

RETOS die Terrassen Capris mit den einzelnen Abschnitten der Diluvialperiode zu parallelisieren (S. 255). Gegenüber auf der Sorrentiner Seite der Halbinsel von Salerno gibt ROVERETO 4 Terrassen bei 30, 50, 140 und 230 m Höhe an, die nicht mit den calabrischen stimmen. In seinen „Forme della Terra“ (Bd. I. Hoepli, Mailand 1923) will er die Terrassen des Mittelmeeres auf eustatische Bewegungen zurückführen (S. 203). In seiner Tabelle auf S. 216—217 unterscheidet er 5 quartäre Terrassen. Er sucht sie auch hier und auf S. 221 mit den Eiszeiten zu parallelisieren.

¹⁾ Die Beziehungen des südosteuropäischen Gebirgsbaues zur Alpentektonik. Geol. Rundschau XV, 1924, S. 256—257. Dort auch ältere Literatur.

sollten, wenn eben nicht das Einsinken der Nachbarschollen einen Zwang in dieser Richtung ausgeübt hätte. Aber welches ist denn die letzte Ursache dieses Einsinkens? Jedenfalls halte ich beide Hypothesen immer noch für wahrscheinlicher als jede mir bekannte dritte.

Ich komme also zur Annahme einer aktiven epeirogenen¹⁾ Hebung unter Ausschluß isostatischer oder eustatischer Bewegungen. Damit will ich natürlich nicht sagen, daß nicht beide in kleinem Umfange auch in dem betrachteten Gebiete tätig gewesen sein könnten.

Südtalien ist nun keineswegs das einzige Gebiet, in dem eine nichtorogene und nichtisostatische Hebung vorliegt. Wir haben in Südwestdeutschland die seit langer Zeit bekannte Erscheinung, daß sich das ganze südwestdeutsche Stufenland mit der Schwäbischen und Fränkischen Alb teils am Ende der Jurazeit, teils in der Kreide²⁾ bis zu Höhen von 1500 m gehoben hat.

Diese Hebung erfolgte nach Ablagerung von mesozoischen Sedimenten, die im Durchschnitt mindestens 1000–1200 m mächtig sind. Eine Faltung fand nicht statt. Hebung durch sichtbare Magmen fehlt ebenfalls. Eine entsprechende Senkung des Meeresspiegels müßte weltweit sichtbare Folgen gehabt haben, die nicht bekannt sind. — Als ein weiteres Beispiel könnte hier die lothringische Stufenlandschaft angeführt werden. Auch Spitzbergen, östlich von der Faltungszone der Westküste, wäre zu nennen und noch eine ganze Reihe von anderen Gebieten, soweit sie nicht durch die kritischen Ausführungen von F. E. SUSS aus der Reihe der echten Hebungen gestrichen sind. Ich verzichte aber darauf, schon an dieser Stelle eine Zusammenstellung weiterer Beispiele zu geben. Indessen erinnere ich daran, daß nach den auf S. 4 genannten Verfassern, die sich für aktive Hebung durch Magmen ausgesprochen haben, in neuerer Zeit immer mehr Forscher versucht haben, aktive Hebungen festzustellen. DEECKE hat das 1912 für die Alpen getan.³⁾

WEINSCHENK hat schon 1899 (Zeitschr. f. Krystallogr. 32 S. 261 f.) versucht, ein jugendliches Alter des Tessiner Gneises nachzuweisen. Da dieser in den Antigoriogneis des Simplons übergeht, so würde damit eines der größten südalpinen Zentralmassive als jugendlich und unter Umständen auch als Ursache einer Hebung in Betracht ge-

¹⁾ Ich sage mit GILBERT, der den Namen geschaffen hat, „epeirogen“ und nicht mit lateinischer Aussprache des griechischen Wortes „epirogen“.

²⁾ Gegend der von GUEMBEL und neuerdings von LEHNER beschriebenen marinen Kreidebildungen in der Fränkischen Alb.

³⁾ Die alpine Geosynklinale. N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 38 S. 850–851.

kommen sein. Tatsächlich sind nach WEINSCHENK KLEMM¹⁾, ROTHPLETZ²⁾ und ARNDT³⁾ dafür eingetreten. KLEMM hat den Tessiner und Antigoriogneis geradezu als jungtertiär, mindestens aber als postliasisch aufgefaßt. Auf Grund dieser Vorstellung von dem jungen Alter des gewaltigen Zentralmassives und der weiteren Annahme von einem ebenfalls jungen Alter des Gotthardmassives hat er dann 1914 (ebendort S. 257—258) die Auffaltung der Zentralalpen „durch die Intrusion der großen Granitlakkolithen“ erklärt. Ja, er hat dadurch die Deckenbildung in den Schweizer Alpen begründen wollen. Auch A. PENCK scheint ähnlichen Gedankengängen nachgegangen zu sein. Wenigstens hat er in seinem Vortrage „Die Entstehung der Alpen“ (Z. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1908) die Deckenbildung durch ein Abgleiten der Decken von einem hochgefalteten Streifen der Erdkruste zu erklären versucht, allerdings ohne die Ursache der Hochfaltung zu bezeichnen (S. 10—11 des Sonderabdruckes)⁴⁾.

ANDRÉE hat 1914 eine Zusammenstellung der ihm bekannten Fälle magmatischer Hebung gegeben (Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin bei Bornträger) und gab zu, „daß durch das Magma in der Tat Aufblähungen, Schichtenhebungen und -strömungen hervorgerufen werden können.“ (S. 2—3).

¹⁾ Sitz.-Ber. Berl. Ak. Phys.-Math. Kl. 1904, S. 65.

²⁾ Zur Stratigraphie und Tektonik des Simplongebietes. Z. Deutsche geol. Ges. Bd. 64, 1912, Monatsber. 4, S. 223. ROTHPLETZ sagt dort bereits: „Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß die Granitintrusionen zugleich eine Hebung der mesozoischen Meeressedimente bewirkten.“

³⁾ Petrographische Studien in den Kontaktzonen der Gneise und Kalkgesteine im Simplongebiete. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1913, 17. Dezember. Dort auch die ältere Literatur.

⁴⁾ HUGI (Das Aarmassiv, ein Beispiel alpiner Granitintrusion. Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges. Bern 1922, Teil II, S. 86—109) hat vor kurzem die folgende Reihenfolge der alpinen Intrusionen angegeben. Erstfelder Granit, Unter-carbon. — Innertkirchner-, Gasteren-, Aiguilles rouges-Granit, zwischen Unter- und Ober-carbon. Aaregranit, Obercarbon. Noch etwas jünger ist nach ihm der Gotthardgranit. Dann würden die Granitkerne der penninischen Decken (Tessiner- und Antigoriogneis) folgen. Und erst nach der Hauptfaltung der Alpen seien der „Bergeller Granit, die periadriatischen Eruptiva, Tonalite“ intrudiert. Diesen Anschauungen kann ich in den meisten Punkten zustimmen. Ich halte es nur noch nicht für genügend sichergestellt, ob wirklich durch eine postmagmatische Tätigkeit der Gotthardintrusion noch Trias und Jura metamorphosiert sind. Dagegen kann ich der extremen Anschauung von SANDBERG, wonach alle Alpengranite bzw. Zentralmassive oligozän sein sollen, keine Anerkennung zollen. (L'Age du Granit alpin. Arch. Sc. phys. et nat. (4) T. XXIII Genf 1907.) Übrigens spricht auch HUGI von einer „aktiven Intrusionskraft.“

Auch F. VON WOLFF hat im ersten Bande seines Werkes „Der Vulkanismus“ auf S. 199 die Frage erörtert, ob „das Magma wirklich eine eigene vulkanische Kraft besitzt, die es nach außen treibt“. Er schließt: „Wägt man die Argumente, die für und wider ein aktives Verhalten des Magmas sprechen, ab, so neigt sich entschieden das Zünglein der Wage zugunsten einer Aktivität des vulkanischen Magmas“.

Am stärksten ist für die Idee magmatischer Hebungen WALTHER PENCK eingetreten, ein ausgezeichneter Beobachter, scharfer Denker und unermüdlicher Forscher, dessen Entwicklung durch ein grausames Schicksal zu früh abgeschnitten wurde. Er hat in seinem umfangreichen Werke über die Puna de Atacama (Abh. Sächs. Akad. Wiss. Math. Phys. Kl. Bd. 37, Leipzig 1920, besonders S. 356, aber auch S. 316 bis 356) eine große aktive Hebung der Anden durch sichtbare Magmen angenommen und hat auch bereits Strömungen des Magmas in der Tiefe zur Erklärung der Gebirgshebung verwendet. Ja, er versuchte dadurch in den Anden und anderen Teilen der Welt die Bildung von Großfalten, also im wesentlichen STILLES Undationen, überhaupt zu erklären. Es ist nicht wunderbar, daß ihm bei der kurzen Zeit, die ihm für die Erforschung eines so großen Gebirgstalles zur Verfügung stand, manches entgangen ist. Und so hat GERTH (Geol. Rundschau XII, 1921, S. 320–340) gezeigt, daß er in einigen Punkten von falschen Voraussetzungen ausgegangen ist. GERTH beweist, daß die Magmaintrusionen, denen W. PENCK dort die Bildung der Großfalten zuschrieb, in ihrer Hauptmasse bedeutend älter als diese sind und „zwar der Schlußstein in der Geschichte eines paläozoischen Gebirges“ aber „nicht der Auftakt zu den jungen Bewegungen waren, durch die die alte Struktur später dem Kordillerensystem eingegliedert wurde“. Aber auch GERTH erkennt mit GROEBER einen Zusammenhang zwischen der jungpaläozoischen Faltung und dem Aufsteigen der Magmen. Nur sehen beide das „Aufsteigen der Magmen als eine Begleiterscheinung isostatischer Vorgänge an, durch die das durch die Faltung gestörte Gleichgewicht wieder ausgeglichen wurde“. Das sind Gedankengänge, die mit den von L. MILCH¹⁾ entwickelten Vorstellungen übereinstimmen.

Später aber (S. 339) gibt GERTH doch zu, daß „Magmabewegung wohl als Ursache für epirogenetische Bewegungen in Frage kommt, wie wir sie sich in der Herausbildung des mesozoischen Sedimentationsraumes, den Senkungen im Osten des Gebirges zu Beginn der

¹⁾ Über die Entstehungsweise der Tiefengesteinsmassive. Jahresb. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur. 28 I, 1903. S. 8–9 des Sonderabdruckes.

andinen Bewegungen und schließlich wohl auch in der vertikalen Heraushebung des ganzen Gebirgssystems in jüngster Zeit äußern sehen“ (von mir gesperrt). Gerade dieses Zugeständnis eines Forschers, der peinlich bemüht ist, der Aktivität des Magmas keine zu große Rolle zuzuschreiben, ist mir besonders wertvoll, und zwar auch deswegen, weil er hinzufügt: „Hierbei handelt es sich aber um Tiefenvorgänge, die unserer direkten Beobachtung entzogen sind.“ Das ist ja genau der Standpunkt, den ich für Süditalien einnehme. Übrigens hebe ich ausdrücklich hervor, daß sich auch WEPFER in seiner zitierten Arbeit im Gegensatz zu E. SUSS für Hebungen in Süditalien einsetzt und als ein weiteres Beispiel die von DE GEER beschriebenen Hebungen um den Skandik anführt. Auf die Ursache der Hebungen geht er allerdings nicht unmittelbar ein. Doch scheint es nach den auf S. 17 erwähnten Äußerungen, daß er an isostatische Hebungen denkt.

Auch DE STEFANI und DE LORENZO haben nach PARONA (Trattato di Geologia, 2. Aufl., Mailand 1924, S. 252) schon sehr früh die deutlichen Beweise einer starken und jungen, ja noch andauernden Hebung des ganzen südlichen Kalabriens erkannt. DE LORENZO fügt hinzu, „daß diese gegenwärtige Hebung sich auch auf Sizilien, das ganze südliche Italien, ja, die ganze Halbinsel erstreckt, wie das die ausgezeichnet entwickelten Terrassen längs der adriatischen Küste dem Gebiete von Tarent, in den Puglie und anderwärtig beweisen“.

Auch für die Erklärung der Schwellenbildung in der zentralen Zone der Alpen muß man meiner Ansicht nach damit rechnen, daß unter den wirklich alten Zentralmassiven eine unsichtbare „antizyklonale“ Magma-„Walze“ (im Sinne der Wassertechniker) eine Hebung erzeugt hat. Wir kommen also bei diesen Vorstellungen zu der Annahme von magmatischen Hebungen, die keinen rechten Platz in der bisherigen Nomenklatur der Erdkrustenbewegungen haben. Denn sie sind nicht durch Faltung erzeugt, also nicht im bisherigen Sinne des Wortes orogenetisch. Sie sind aber auch nicht durch Entlastung hervorgerufen, also auch nicht isostatisch. Es ist bei ihnen sehr wohl denkbar, daß Gebiete stärkerer und weniger starker Hebung sprungweise gegeneinander grenzen, also durch Verwerfungen voneinander getrennt sind. Das Maß der Hebung wird eben nicht nur von der Stärke des hebenden hydrostatischen oder Gasdruckes (der säkularflüssigen Masse) oder ihrer Volumenvergrößerung¹⁾, sondern auch von dem Widerstande und Zu-

¹⁾ Falls sich nämlich eine kristallisierende Masse unter der Fläche des maximalen Schmelzpunktes befindet.

sammenhalt der zu hebenden festen Masse abhängen. Ich sehe auch gar keinen Grund ein, warum nicht an den Grenzen derartiger ungleich gehobener Massen Hebungsbeben, ein jetzt seit langer Zeit verpönter Ausdruck, stattfinden sollten.

Eine Stütze für die hier vertretenen Anschauungen und die Strömungstheorien überhaupt scheint mir auch die Tatsache zu sein, daß in sehr vielen Gebieten die chemische Beschaffenheit der intrudierten oder erumpierten Magmen im Laufe größerer Zeiträume völlig ihren Charakter geändert hat.

F. v. WOLFF hat eine Zusammenstellung darüber in seinem Buche über den „Vulkanismus“ gegeben (bes. S. 158—160). Er entwickelt da die ja auch von anderen vertretene Anschauung, als ob ursprünglich auf der Erde nur Eruptionen und Intrusionen des „höherliegenden“ pazifischen Magmas stattgefunden hätten. Später hätten allmählich auch Eruptionen und höhere Intrusionen des an sich „tieferliegenden“ atlantischen Magmas stattgefunden; und seit dem Tertiär verdränge dies immer mehr das pazifische Magma. Das ist z. B. im Schwarzwald so, wo die vormesozoischen Magmen der pazifischen Gruppe, die tertiären der atlantischen angehören. Ich muß ganz offen bekennen, daß ich das Material, welches dieser Hypothese zugrunde liegt, noch lange nicht für ausreichend zur Stützung einer so weittragenden Hypothese halte. Ich rechne vielmehr damit, daß lediglich Strömungen mit starker horizontaler Komponente Magmen von verschiedenem Charakter in neue Gebiete führen. NIGGLI und ERDMANNSDÖRFFER lehnen denn auch die von F. v. WOLFF vertretene Hypothese ab (s. ERDMANNSDÖRFFER, Grundlagen der Petrographie S. 202).

Die nach meiner Auffassung magmatisch gehobenen Gebiete dürften häufig dem entsprechen, was in der Literatur als Großfalten bezeichnet wird, also unter den STILLESchen Begriff der Undationen fällt. Aber STILLE muß sie natürlich bei seinem Standpunkt alle als durch Seitendruck entstanden erklären, während ich die von mir ins Auge gefaßten Gebiete als vertikal gehoben ansehe. Es wird für die Weiterentwicklung der Geologie von erheblicher Bedeutung sein, ob weitere Untersuchungen eine sichere Entscheidung für eine der beiden Auffassungen bringen werden. Jedenfalls halte ich es für richtig, diesen natürlich rein sachlichen Gegensatz nicht zu vertuschen, sondern die Fachgenossen zur Nachprüfung aufzufordern. Dabei wird uns aber beiden nicht damit gedient sein, daß die Anhänger der beiden Theorien lediglich ihren Standpunkt bekräftigen, also gewissermaßen abstimmen, sondern daß sie Material zur Entscheidung sammeln.

Wer meinen im vorhergehenden entwickelten Anschauungen zustimmt, muß sich aber klarmachen, daß er damit das Zeitalter der E. SUESSschen Grundanschauung vom Fehlen der aktiven Hebungen verläßt. Sollte ich recht behalten, so würde die Entwicklung unserer Wissenschaft dann wie die so vieler anderer den bekannten Spiralengang annehmen. Denn wir nähern uns mit der Annahme aktiver Hebungen von Gebirgen durch Magmaunterströmungen, wenn auch in sehr veränderter Form, wieder den Anschauungen, die seit den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts als veraltet beiseite geschoben waren.

Im Zusammenhang mit der Terrassenfrage taucht aber sofort auch die Frage nach den Ursachen der süditalischen Erdbeben auf. Die geniale Arbeitshypothese EDUARD SUESS' von der einsinkenden tyrrhenischen Schüssel, an deren Rändern die starken Erdbeben stattfinden sollen, ist schon von ihrem Urheber erweitert worden, weil viele der erschütterten Gebiete nicht so liegen, wie seine Theorie voraussetzte. Er selbst war gezwungen, radiale Verwerfungen anzunehmen, um die Zerstörung von Orten ganz außerhalb des Randes der Schüssel zu erklären (z. B. Catanzaro). Er brachte diese radialen Störungen z. T. in Beziehung zu den vorausgesetzten Vulkanspalten der Liparen, wie das den Anschauungen der damaligen Zeit entsprach (Antlitz der Erde, Bd. I, S. 111). Aber die Vulkane liegen zum Teil gar nicht innerhalb der Schüssel, sondern am Außenrande der gehobenen Schollen (Ätna, Vultur). Die Tempel von Selinus an der Südküste Siziliens sind wirklich von katastrophalen Erdbeben und nicht von Menschenhand zerstört. Liegen doch, wie es die beigegebene, auf meine Bitte von Herrn Pfarrer NIL in Grindelwald aufgenommene Photographie (s. Fig. 1 S. 25) deutlich zeigt, manchmal ganze Reihen von Säulentrommeln 'in Reih' und Glied in gleicher Anordnung. Selinus aber liegt am afrikanischen Meere, ganz weit entfernt vom Schüsselrand. Die Straße von Messina läuft nicht radial nach außen, sondern schiefwinklig zum Rande. Auch eine Reihe von anderen Erdbebenstätten läßt sich nur mit Gewalt durch Radialstörungen erklären. Das alles macht es mir wahrscheinlich, daß an allen Rändern der gehobenen Massen durch die Differentialbewegung zwischen steigenden und sinkenden, vielleicht aber auch zwischen verschiedenen stark steigenden, oder verschiedenen stark sinkenden Massen immer von neuem Erdbebenerschütterungen entstehen. Dabei ist es natürlich gleichgültig, ob in den letzten Jahrhunderten oder Jahrtausenden, wie uns das SALMOJRAGHI und GÜNTHER (a. a. O.) von dem ganzen Gebiete von Rom bis nach Kalabrien gezeigt haben, auch einmal der Sinn der Bewegungen sich zeitweise umgekehrt hat.

Auch die hypothetische Verbindung des Ätna mit den Liparen ist gänzlich unbewiesen. Sie stammt aus einer Zeit, in der man vor A. GEIKIES und BRANCAS Untersuchungen beinahe je zwei nicht weit voneinander entfernte Vulkane miteinander in Verbindung setzte. Eine analoge Spalte hatte man auch für den Vultur konstruieren wollen und



Fig. 1. Tempel von Selinus an der Südküste von Sizilien, von einem Erdbeben umgestürzt.
Aufgenommen von Herrn Pfarrer NIL in Grindelwald.

ihn bald mit den kampanischen Vulkanen, bald mit den Liparen verbunden. Schon DEECKES Untersuchungen haben aber gezeigt, daß keine Beobachtungsgrundlage für solche Konstruktionen vorhanden ist.¹⁾ Noch viel deutlicher und schärfer aber spricht sich DE LORENZO²⁾ gegen die Annahme von Verbindungsspalten zwischen dem Vultur und den tyrrhe-

¹⁾ Der Monte Vulture in der Basilicata. N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. VII, S. 588.

²⁾ Studio geologico del Monte Vulture. Atti Acc. Sc. fis. e mat. di Napoli, Bd. X Ser. 2 Nr. 1, 1900, S. 194.

nischen Vulkanen aus. Ja, er bestreitet damals schon, wie ich jetzt, einen Zusammenhang zwischen Vesuv, Ätna und äolischen Inseln.

Die staunenswert lange Dauer der vulkanischen Tätigkeit am Ätna, Vesuv, Stromboli¹⁾, Vulcano, der Roccamonfina usw. seit etwa der Mitte des Diluviums bis in die Gegenwart oder doch bis in das Alluvium hinein, läßt sich aus der Annahme erklären, daß das weitere Sinken der Tyrrhenis und der anderen Randmeere Süditaliens immer wieder Magma bis zu solchen Höhen der Erdkruste emporpreßt, daß schließlich der Gasdruck die obersten Teufen der Erdkruste explosiv durchschlagen und einen bequemen Ausweg erzeugen kann.

Ich möchte nicht schließen, ohne ausdrücklich hervorzuheben, daß der sachliche Gegensatz, in dem ich in diesen Ausführungen so oft zu den Anschauungen von EDUARD SUESS stehe, meine Bewunderung für die genialen Leistungen dieses wahrhaft großen Mannes in keiner Weise verringert. Ich hoffe das auch in der vor kurzem von mir im biographischen Jahrbuche der Deutschen Akademien veröffentlichten Lebensschilderung klar gezeigt zu haben.

Zusammenfassung.

Der auf die Autorität von WERNER gestützte Neptunismus brach nach seinem Tode zusammen und wurde durch einen Plutonismus ersetzt, der in den Vulkanen wie in den Zentralmassiven hebende Kräfte zu erkennen glaubte. Er wurde in Deutschland durch den damaligen bedeutendsten deutschen Geologen, LEOPOLD VON BUCH, vertreten. Aber schon die Erhebungstheorie der Kratere brach sehr bald zusammen; und als nun SUESS, HEIM und andere für mehrere alpine Zentralmassive ein hohes Alter und passives Verhalten der Gebirgsbildung gegenüber bewiesen, verließ man den Plutonismus und erklärte alle Gebirgsbildung durch die Kontraktionstheorie. Ja, E. SUESS leugnete überhaupt jede absolute Hebung. Seit der Entdeckung der Lakkolithen aber und seit der Auffindung isostatischer Bewegungen häuften sich immer mehr Beobachtungen, die sei es für isostatische, sei es für magmatische Hebungen sprechen. Dabei ist es nicht nötig, daß die hebenden Magmen in den uns zugänglichen Teilen der Erdkruste erstarrt seien.

¹⁾ Als ich ihn Ende April 1925 untersuchte, hatte er im Durchschnitt alle 6 Minuten eine Eruption; und diese Tätigkeit scheint er mit gewissen Verstärkungen, bzw. Abschwächungen seit Homers Zeiten zu entfalten.

Mittlerweile haben wir in den Strömungstheorien von AMPFERER, SCHWINNER und KOSSMAT und in der Kontinentalverschiebungstheorie von WEGENER, wenn diese auch kein so bestechend einfaches Bild wie den „schrumpfenden Apfel“ geliefert haben, immerhin Möglichkeiten erhalten, auch ohne die Energiequelle einer Kontraktion der Gesamterde auszukommen und die Vorgänge der Orogenese, der isostatischen und der „magmatischen“ Epeirogenese zu erklären. Es mag vorläufig sehr schwer, ja in vielen Fällen unmöglich sein zu erkennen, ob eine Hebung auf eustatischer Senkung des Meeresspiegels, auf isostatischer Hebung, auf magmatischer Hebung oder im STILLE'schen Sinne auf weitspanniger Faltung beruht. Es ist aber zwecklos, an diese Fragen von einem von vornherein eingenommenen Grundsatz oder Standpunkt heranzutreten. Vorwärts können wir nur durch Prüfung der natürlichen Verhältnisse, also durch Beobachtung kommen.

Nachwort.

Schon nach Beginn der Drucklegung kam mir das Heft 53 der „Naturwissenschaften“ vom 28. August 1925 (XIII. Jahrgang) mit der Arbeit von LICHTENECKER „Das Bewegungsbild der Ostalpen“ in die Hände. Auch hier ist auf Grund der wichtigen neueren morphologischen Literatur über die Alpen mit voller Schärfe hervorgehoben, daß die Bildung der Falten bez. Decken der Alpen mit ihrer heutigen Meereshöhe nichts zu tun hat. Diese führt er vielmehr auf eine viel jüngere Hebung zurück, wobei er sich freilich über deren Ursache nicht deutlich ausspricht. Zwischen „dem oligozänen Deckenschub und der Ausbildung der in geringer absoluter Höhe gelegenen Augensteinlandschaft kann kein langer Zeitraum bestanden haben. Diese begründete Anschauung zwingt zu der Annahme, daß der Zusammenschub im wesentlichen in die Tiefe wirksam war. Wir wohnen dem Aufatmen dieser hinabgequetschten Massen bei: das Gebirge steigt empor“.

Ich möchte auch noch hervorheben, daß meine Aufzählung einer größeren Anzahl von Arbeiten für und wider Kontraktionslehre bez. magmatische Hebung natürlich nicht erschöpfend ist und sein soll. Ich habe eine ganze Anzahl wichtiger Arbeiten unberücksichtigt lassen müssen, z. B. die beachtenswerte Untersuchung von ROTHPLETZ über etwaige abwechselnde Kontraktion und Expansion, die geistvolle Studie BUCHERS „The pattern of the earth's mobile belts“, eine ganze Anzahl von früheren Untersuchungen und Arbeiten STILLES (z. B. „Die Schrump-

fung der Erde“). Auch KOBER ist nur ganz kurz erwähnt. Die amerikanischen, französischen und italienischen Vorläufer der Kontraktionslehre sind nicht genannt. Es würde eben eine einigermaßen vollständige Aufzählung und Kritik der Literatur dieser Frage ein dickes Buch erfordert haben. Ich behalte mir aber vor, später bei ausführlicherer Behandlung des Themas wenigstens die wichtigsten weiteren Arbeiten auch noch mitzuberechnen.

