

5. Einige Bemerkungen zu Herrn HEIM's Aufsatz „Zum Mechanismus der Gebirgsbildung“.¹⁾

Von Herrn FR. PFAFF in Erlangen.

Als ich meine kleine Schrift „Ueber den Mechanismus der Gebirgsbildung“ herausgab, war ich es wohl gewärtig, dass dieselbe vielfachen Widerspruch hervorrufen würde. Doch hoffte ich auch, dass die Entgegnungen darauf, wenn auch noch so scharf, sich innerhalb der Grenzen einer wissenschaftlichen und sachlichen Polemik halten würden, und freue mich, dass diese Erwartung von meinem Hauptgegner, HEIM, nicht getäuscht worden ist. Derselbe hat in ziemlich ausführlicher Weise eine ganze Reihe meiner Erörterungen angegriffen und dieselben als unhaltbar hinzustellen versucht. Es ist nicht meine Absicht, auf alle Einzelheiten näher einzugehen; in dieser Zeitschrift wäre meines Erachtens auch nicht der Raum dazu, und ich fürchtete diesen, wie die Geduld der Leser zu missbrauchen, wenn ich das thun wollte, doch halte ich es, nicht in meinem, sondern in dem Interesse der Wissenschaft für geboten, nicht ganz und gar die Sache ruhen zu lassen, um wo möglich einiges zur Verständigung in dieser so wichtigen Frage beizutragen.

Auch ohne auf die einzelnen Punkte der Streitfrage einzugehen, ja ohne nur dieselben scharf ins Auge zu fassen, wird Jedem, der von derselben Kenntniss genommen hat, sofort klar geworden sein, dass wir beide, HEIM und ich, von ganz verschiedenen Standpunkten aus ein und dasselbe Thema behandelten. Er folgte mehr der inductiven, ich der deductiven Methode. Nun ist ja besonders in der Geologie der Fall schon ausserordentlich oft vorgekommen, ja fast bei jeder wichtigen Frage, das kann man aus unsrer Wissenschaft ersehen, hat sich immer und immer wieder zunächst der Streit darum gedreht, ob die reine Beobachtung, oder, richtiger, die aus den Beobachtungen in der Natur abgeleiteten Schlüsse mehr Vertrauen verdienten, oder die theoretischen Deductionen, gestützt auf Experimente in den Laboratorien und physikalischen Kabinetten. Ich brauche hier nur an die verschiedenen Phasen des uralten Streites zwischen Neptunismus und Plutonismus, die

¹⁾ Cfr. diesen Band pag. 262.

v. Buch'sche Dolomittheorie, den anogenen Metamorphismus zu erinnern, um das Jedem sofort wieder lebhaft in Erinnerung zu bringen.

Natürlich wurde dann auch dabei gewöhnlich gegenseitig die Methode des Gegners als ganz unzuverlässig und nichts-beweisend hingestellt und Jeder hielt die seinige für die einzig maassgebende. Ich hoffe, der verehrte Leser wird in meinem Schriftchen nicht so viel von diesem letzten Fehler finden, als ich in dem Schlusse der Erwiderung von HEIM davon zu finden glaube. Ueber den Werth oder Unwerth der von beiden Seiten vorgebrachten Gründe entscheidet schliesslich doch nur die Wahrheit, die Jedem gerecht wird, und in der dann am Ende beide Methoden die rechte Einigung finden.

Wenn wir den gegenwärtigen Stand unsrer Wissenschaft ins Auge fassen, so werden wir sehr deutlich gewahr, dass die experimentelle, deductive Methode im Ganzen äusserst selten benützt wird. Ich bin weit entfernt, dies für ein Unglück zu halten, oder von möglichst ausgedehnten und genauen Untersuchungen irgend Jemand abrathen und ihm die andre Methode anrathen zu wollen; wohl aber würde ich es für einen Nachtheil für die Geologie halten, wenn man ihr nicht den gebührenden Platz zuerkennen und sie entbehren zu können glaubte. Eine solche Einseitigkeit würde sich bitter rächen.

Die Ursache davon liegt zum Theil darin, dass es nicht leicht ist, Experimente zur Aufhellung geologischer Vorgänge und diesen entsprechend anzustellen, und dass sich, wie ich aus eigener Erfahrung sehr wohl weiss, sehr häufig negative Resultate ergeben, Zeit und Mühe vergeblich aufgewendet wird, dann auch mit darin, dass der Werth derselben bedeutend unterschätzt wird. Wie oft kann man hören, dass die in kleinem Maassstabe ausgeführten Experimente gar nichts bewiesen, dass bei den gewaltigen Massen, mit denen die Natur operire, ganz andre Resultate erzielt würden, und namentlich müssen ungeheuere Zeiträume immer wieder herhalten, um Experimente lächerlich zu machen. Auch in der Erwiderung von HEIM finden sich ähnliche Anschauungen, so dass es wohl nicht ganz überflüssig sein dürfte, zuzusehen, wie weit solche Anschauungen über den geringen Werth von Experimenten und daraus gezogenen Schlüssen berechtigt seien.

Zunächst ist nun das allbekannt, dass in einer sehr grossen Zahl von Fällen ohne Weiteres das Verhalten auch der kleinsten Quantität auch für das der grössten Massen maassgebend ist und nur aus Versuchen im kleinen und kleinsten Maassstabe erkannt werden kann. Wenn man die Schmelzbarkeit eines Gesteines mit dem Löthrohre bestimmen will, wählt man dazu nicht einen Felsblock, sondern sucht sich einen möglichst kleinen

Splitter aus, und die Reactionen, die der Chemiker in seinen kleinen Reagenscylindern erhält, wendet er unbedenklich auf die Vorgänge im Ocean an, oder die Ergebnisse der Spectralanalyse in den winzigen Gaslampen auf die Atmosphäre der Sonne und der Fixsterne. Und in physikalischen Fragen ist es nicht anders. Die Gesetze der Hydrostatik, die man in kleinen Gefässen ermittelt, verwendet man unbedingt für Seen und Meere, und die Plasticität des Eises untersucht man an kleinen Stücken und erklärt aus ihnen die Erscheinungen der Gletscher. Wenn es erlaubt ist, alle Veränderungen, welche in Folge einer vorausgegangenen chemischen oder physikalischen Einwirkung auf einen Körper an oder in demselben sich zeigen, mit dem gemeinsamen Namen einer Reaction zu bezeichnen, so können wir aus diesen und vielen andern Thatsachen den Schluss ziehen: die Qualität der Reaction ist unabhängig von der Quantität der Massen, selbstverständlich vorausgesetzt, dass das Verhältniss des die Reaction erzeugenden auf das Reagirende im Grossen wie im Kleinen das gleiche ist.

Was nun noch den Einfluss der Zeit anbelangt, so gilt für ihn ebenfalls derselbe Satz, d. h. auch die Zeitdauer ist gleichgültig für die Qualität der Reaction. Oder mit andern Worten: eine Reaction, die nicht in kurzer Zeit eintritt, wird auch in der längsten Zeit nicht hervorgerufen. Wir dürfen z. B. Blei Jahrhunderte lang eine Temperatur von 100° aussetzen, es wird nicht schmelzen, und eine Granitplatte Jahrtausende einem Drucke von einigen Hundert Atmosphären aussetzen, sie wird nicht zerbrechen. Sehr bemerklich macht sich allerdings der Einfluss der Zeit bei anhaltenden Wirkungen, dadurch, dass sich die Wirkung im Laufe der Zeiten summirt, und so Wirkungen, die für uns in kurzen Intervallen unmerklich werden, erst sichtbar vor Augen führt, aber eben weil eine bestimmte Grösse durch fortgesetzte Theilung nie Null werden kann, muss auch vom ersten Augenblicke an dieselbe Aenderung schon eintreten, die wir später so augenfällig wahrnehmen.

Wenn wir das fest im Auge behalten, so werden wir sofort einsehen, dass der Einwand gegen die Beweiskraft eines Experimentes, der sich nur auf die Kleinheit der verwendeten Massen oder auf die kurze Dauer desselben stützt, auch nicht die mindeste Berechtigung hat. Nur dann und nur soweit ist ein solcher berechtigt, wenn, wie das allerdings häufig eintreten kann, bei dem Versuche im Kleinen durch die Apparate wesentlich andere Factoren, als sie in der Natur wirken, mit einwirken, oder die in letzterer wirksamen zum Theil weggelassen sind, oder hinsichtlich der Zeit nachgewiesen werden kann, dass sie nicht hinreichen konnte, um ein bemerkbares Resultat zu liefern.

Nach diesen, wie mir scheint, für das Folgende nicht überflüssigen Erörterungen, will ich kurz auf die Hauptdifferenzpunkte zwischen HEIM und mir eingehen. Wie ich schon früher hervorhob, ist die Annahme des Plastischwerdens der Gesteine durch starken Druck das Fundament der Theorie HEIM's über die Entstehung der Faltungen unsrer Gebirgsketten, und er hat selbst die zum Plastischwerden derselben nöthige Druckgrösse zu ca. 700 Atmosphären (entsprechend dem Drucke einer Gesteinsmasse von 2600 M.) bezeichnet. Ich habe nun, um diese Annahme zu prüfen, Versuche angestellt, bei welchen Kalk einem Drucke bis 22000 Atmosphären ausgesetzt wurde, und habe aus diesen Versuchen den Schluss gezogen, dass HEIM's Annahme falsch sei, weil keine Spur von Plastischwerden bei dieser enormen, den von HEIM als dazu hinreichend angenommenen Druck um ca. das 300 fache übertreffenden Pressung sich zeigte. Ueber die Berechtigung zu diesem Schlusse habe ich mich pag. 20 meiner Schrift näher ausgesprochen. Gegen diese Versuche hat nun HEIM in seiner Erwiderung in doppelter Weise polemisiert. Er hat sie 1) einfach angezweifelt und (pag. 273) sie als unmöglich bezeichnet; 2) ihre Beweiskraft in Abrede gestellt. Sein Zweifel gründet sich auf die Behauptung, dass Stahl unmöglich einen solchen Druck aushalten könne, dass derselbe bei 8000 Atmosphärendruck „unwiderfürlich zerquetscht werde.“ Er beruft sich dafür auf Angaben von Ingenieuren, ohne die Quelle näher anzugeben, so dass ich nicht beurtheilen kann, in wie weit die Versuche jener mit meinen Versuchen sich vergleichen lassen. Was nun diese letzteren betrifft, so habe ich den Apparat kurz schon in meiner Allgemeinen Geologie beschrieben, doch will ich hier noch näher auf die Dimensionen derselben eingehen. Als Hebelarm diente eine eiserne Stange 1,44 M. lang von rechteckigem Querschnitte 4 Cm. hoch 1 Cm. dick. Diese Stange hatte an ihrem hinteren Ende eine Bohrung von 1,5 Cm. Durchmesser. Durch diese Oeffnung wurde ein Stahlcylinder von demselben Durchmesser gesteckt, der zugleich auch durch 2 starke eiserne Säulen hindurchging, welche auf einer Eichenholzplatte fest aufgeschraubt waren. Man sieht nun, wie ich es auch l. c. näher auseinandergesetzt habe, dass wenn man unter diese Stange stählerne Stempel bringt und dieselbe mit Gewichten beschwert, der Druck auf diese Stempel abhängt, 1) von dem Verhältniss der Länge der Stange bis zu dem Punkte, an dem das Gewicht hängt, zu der Länge des Stückes von der Drehachse bis zu dem Punkte, unter dem der Stempel angebracht ist, 2) von dem angehängten Gewichte, wobei natürlich auch das Gewicht der Stange selbst mit zu berücksichtigen ist, 3) von dem Flächeninhalte der Basis des drückenden Stem-

pels. Ebenso ist der Gegendruck gegen die Stange und die Drehachse abhängig von denselben Factoren; an die Stelle von 3 haben wir aber hier zu setzen die Breite der Fläche mit der die Stange auf dem Stempel auf und an der Drehachse anliegt. In allen meinen Versuchen waren diese Flächen bedeutend um das 8 bis 12 fache grösser als die Basis der auf das Gestein drückenden Stempel; weder die Eisenstange, noch der Stempel in toto hatte daher diese hohen Druckgrade auszuhalten. Namentlich wurden die höchsten Druckgrade durch keilförmig nach oben dicker werdende Stahlstücke ausgeübt. Nach der Veröffentlichung meiner Schrift hat Herr W. SPRING zu Lüttich höchst interessante Versuche über Druck und dessen Einwirkung auf feste Körper veröffentlicht.¹⁾ Im Anfange derselben erwähnt er schon früher (1878) von ihm bekannt gemachte ähnliche Versuche, in denen er Druckgrade von 20,000 Atmosphären anwandte. Er giebt auch allerdings an, dass kleinere cylindrische Stempel wie er sie bei seiner neuen Reihe von Versuchen anwendete, bei einem über 10,000 Atmosphären steigenden Drucke zu Grunde gingen, diesen Druck aber noch aushielten. Ich glaube demnach, dass sich die Möglichkeit andauernd bis 10,000 Atmosphären mit cylindrischen Stempeln zu drücken, nicht mehr läugnen lässt. Ebenso verhält es sich aber auch mit dem Zweifel von HEIM, dass Kalk, ohne zu zerspringen, so hohe Druckgrade aushalte, da die Ingenieure den festesten Kalkstein schon bei einem Drucke von 969 Atmosphären zerspringend gefunden hätten. HEIM hat hier offenbar übersehen, dass bei jenen Versuchen, wie sie auch MALLET in seiner bekannten Arbeit „über vulkanische Kraft“ anstellte, stets mit kleineren, an allen zur Druckrichtung senkrechten Seiten freien Kalkmassen operirt wurde, während ich entweder kleinere Stellen in grösseren Platten, oder in Stahl-Cylindern eingeschlossene Kalkstücke dem Drucke aussetzte. Und auch hier stehen die Versuche SPRING's im besten Einklange mit den meinigen und können die Zweifel HEIM's gründlich beseitigen, indem er schon zersprengte d. h. pulverförmige Massen zu festen, in vielen Fällen (z. B. Kupfervitriol) selbst zu vollkommen homogenen und durchsichtigen Stücken zusammenpresste.²⁾

Gehen wir nun zu dem zweiten Versuche HEIM's, jene Experimente zu entkräften. Er hat 7 verschiedene Argumente

¹⁾ Recherches sur la propriété que possèdent les corps de se souder sous l'action de la pression. Brux. 1880.

²⁾ Im Begriffe, diese Blätter abzusenden, erhalte ich das IV. Heft der Sitzungsber. der kgl. bair. Akad. der Wiss., in denen die Versuche GÜMBEL's, der bis zu 22000 Atmosphärendruck auf Gesteine drückte und auch nichts von Plastischwerden beobachtete, enthalten sind.

gegen die Beweiskräftigkeit derselben vorgebracht. Den ersten, dass es nicht sicher sei, ob im Apparat der angegebene Druck wirklich geherrscht habe, berühre ich nicht weiter; die schon mitgetheilte Thatsache, dass der Stempel nach dem Versuche leicht wieder aus dem Cylinder herausging, genügt, zu zeigen, dass er in demselben nicht eingeklemmt war, also drücken musste; er würde ohnedies gar nichts gegen jene früheren, wo die Stempel frei aufgesetzt waren, aussagen. Ebenso glaube ich auf No. 7 kein grosses Gewicht legen zu dürfen, dass Solenhofener Kalk das ungeeignetste Material zu solchen Versuchen sei. Ich wählte gerade diesen Kalk, der sich von unsrem gewöhnlichen Jurakalke nur durch die gleichmässigeren Ausbildung unterscheidet, wie dieser unkrystallinisch ist und einige Procent in Salzsäure unlösliche Massen, grösstentheils Thon, enthält, weil ja gerade an den Kalken die Biegungen, Faltungen, kurz Umformungen in der Natur am allerdeutlichsten sich zeigen, und auch thonfreier Kalk nach HEIM schon unter einem Drucke einer Gesteinsmasse von 2000 M. und 2,5 s. Gr., also entsprechend einem Drucke von ca. 500 Atmosphären, in den zu bruchloser Umformung geeigneten sog. latentplastischen Zustand versetzt wird. Ich fasse die sub 2—6 von HEIM erhobenen Bedenken hier zusammen. Zunächst bemerke ich, dass HEIM in denselben zweierlei durcheinander gemengt hat, wovon eines gar nichts mit meinem Versuche zu schaffen hat, er spricht nämlich von den Bedingungen einer bruchlosen Umformung der Gesteine. Mit der letzteren haben sich meine Versuche gar nicht befasst. Alles, was daher HEIM in dieser Beziehung gegen sie vorbringt, ist ganz überflüssig. Sie konnten und sollten nur beweisen, dass die Gesteine auch durch den stärksten Druck nicht plastisch werden. Nun kann ja kein Zweifel obwalten, dass, wenn der Kalkcylinder in meinem Apparate plastisch geworden wäre, er durch die kleine Bohrung an der Seite hätte ausweichen müssen. Da keine Spur von einem solchen Ausweichen bemerklich war, so schloss ich, dass der Kalk auch durch einen so enormen Druck nicht plastisch werde.

Es könnte nun die Frage entstehen, ob hier die Kleinheit der Masse hemmend eingewirkt habe, mit andern Worten, ob die kleinere Masse weniger leicht plastisch werde, als eine grössere. Eine kurze Erwägung wird zeigen, dass sie eher leichter plastisch werden müsste, als eine grössere, aus dem einfachen Grunde, weil die innere Reibung verhältnissmässig kleiner geworden ist, als sie in einer grösseren Masse ist. Offenbar haben ja die äussersten Moleküle einer prismatischen senkrecht gepressten Masse nach ihrer freien Oberfläche hin allein keine innere Reibung zu überwinden. Nehmen wir cylindrische

Massen, so ist die freie Mantelfläche desselben, wenn wir die Höhe mit h bezeichnen, den Durchmesser mit δ gleich $\pi \delta \cdot h$, das Volumen gleich $\frac{1}{4} \pi \delta^2 h$. und es verhält sich demnach die freie Fläche zum Volumen wie $1 : \frac{1}{4} \delta$ oder wie $4 : \delta$, und man sieht ohne Weiteres, dass je kleiner der Durchmesser, desto grösser der Abzug an innerer Reibung wird. Ich habe also nicht unter ungünstigeren, sondern unter günstigeren Verhältnissen für die Plasticität experimentirt.

In No. 3 und 4 hat HEIM einen Vorwand vorgebracht, der wohl den meisten Lesern ebenso verwunderlich vorgekommen sein mag, wie mir, nämlich den, dass ich durch die Anbringung einer seitlichen Oeffnung in meinem Druckapparate „den latent plastischen Zustand wieder aufgehoben habe“, oder wie er es l. c. ausdrückt, dass dort „das Gestein aus Mangel an Gegendruck nicht plastisch sei“. Wie unhaltbar und unphysikalisch dieser Einwand sei, brauche ich nicht nachzuweisen, um so weniger, als HEIM selbst in seinem Werke II. 105 völlig klar und unzweideutig ausgesprochen hat, dass eine solche Oeffnung kein Hinderniss gegen das Plastischwerden sei. Dort entwickelt er nämlich, dass kein in etwas grösserer Tiefe angelegter Tunnel auf die Dauer bestehen könne, und erwähnt ausdrücklich, „da der Gebirgsdruck ... allseitig wirkt, so arbeitet er auch von unten ... Der Boden steigt, es entstehen Schienenbrüche.“ Ebenso wird weiter unten auseinandergesetzt, dass in einer grösseren Tiefe von c. 3000 M. an, gar keine Spalten mehr existiren können wegen des Plastischwerdens der Gesteine. Wie trotz dieser ganz richtig aus seiner Theorie sich ergebenden Consequenzen HEIM meinem Versuche gegenüber behaupten kann, Mangel an Gegendruck hebe die Plasticität auf, ist mir ganz unbegreiflich. Hebt das Loch des Tunnels sie nicht auf, so hebt sie auch das Loch in meinem Apparate nicht auf. So schliesse ich wenigstens.

Es würde zu weit führen, wenn ich auf alle Einwände von HEIM auch auf meine übrigen Versuche eingehen wollte, ich kann es wohl Jedem, der sich für solche Fragen interessirt, selbst überlassen, zu entscheiden, wie weit dieselben begründet sind. Man wird natürlich gegen jeden im Kleinen angestellten Versuch Einwendungen machen können, und ich gestehe Jedem das Recht dazu in ausgedehntester Masse zu, nur muss man auch dabei erwägen, ob die aus den Versuchen gezogenen Schlüsse richtig sind, oder nicht. Darauf allein kommt es an, nicht ob sie ganz und gar in der gleichen Weise und mit dem Materiale, wie die Natur arbeiten. Namentlich ist solches Einreden leicht, wenn es nur einzelne Versuche und Erörterungen hervorhebt, andere, welche sie ergänzen, unberücksichtigt lässt. Und das lässt sich HEIM öfters zu Schulden kommen. So

tadelt er an meinen Versuchen mit plastischen Massen, dass die pag. 23 erwähnten nur mit oben freien Massen operirt hätten, von den Versuchen pag. 40, bei denen diese Massen belastet waren, erwähnt er nichts. Bei Besprechung meines 7. Kapitels sagt er pag. 281 „2) PFAFF nimmt die Schmelzhitze der Gesteine in Tiefen ohne Rücksicht des Druckes und der Durchgasung . . . zu 2000^o an, fügt daran noch 3) einen Einwand hinsichtlich meiner Rechnung, dann kommt „4) die Annahme (pag. 56 Mitte), dass festes Erdmagma von 2000^o gleiches spezifisches Gewicht habe, wie flüssiges von 2000^o“ widerspricht aller Wahrscheinlichkeit.

Hiermit können wir nach meinem Dafürhalten das ganze Dritte Kapitel von PFAFF als abgethan bezeichnen.“

HEIM hat hier völlig ignorirt, dass ich 2 Fälle gesondert betrachtet habe, und dass von pag. 50—59 der Fall behandelt wurde: „Folgen der Contraction der Erde, wenn beim Beginne der Rindenbildung im Innern eine höhere (nämlich als 2000^o) mit der Tiefe zunehmende Temperatur herrschte.“ Was No. 4 von HEIM betrifft, so kann ich nur darauf erwidern, dass nicht nur auf pag. 56 sondern überhaupt weit und breit um dieselbe herum nicht mit einer Silbe vom specifischen Gewichte die Rede ist.¹⁾

HEIM sagt pag. 280 „PFAFF leugnet also schliesslich die Möglichkeit eines Seitendruckes ganz“ und dann pag. 283 „Zum grossen Erstaunen des Lesers fällt PFAFF plötzlich (pag. 72) aus seiner Rolle und sagt von vertikalen und seitlichen Bewegungen, welche durch Schrumpfung des Erdinhaltes entstehen.“ Die Anführung der Thatsache, dass ich pag. 52 und 59 die Möglichkeit eines solchen Seitendruckes auseinandersetze und zugebe, wird den Leser wohl eher über diese Stelle von HEIM, als über mich erstaunen lassen.

Pag. 283 berichtet HEIM ferner: „PFAFF schematisirt nun in seiner Weise mit einer Figur von sehr übertriebenem Verticalmaasstab (pag. 74 Fig. 39).“ Ich habe im Texte ausdrücklich bemerkt, dass die Figur die natürlichen Verhältnisse angeben solle, und wenn der Leser einen Maasstab zur Hand nimmt, so wird er sich überzeugen, dass es auch so ist, die höchsten Berge etwas mehr als 1 Cm. hoch, die grösste Meerestiefe ebenso, die Erdrinde 10 Meilen dick, damit fällt natürlich Alles weg, was HEIM auf diese vermeintliche Uebertreibung hin einwendet. Ganz dieselbe Art eines falschen Wiedergebens meiner Angaben findet sich 284, wo HEIM meine Versuche über gleichzeitigen Druck von verschiedenen Seiten

¹⁾ Auch nirgends von specifischer Wärme, was ich bemerke, wenn etwa Jemand einen Druckfehler annehmen wollte.

bespricht. Jeder Leser muss nothwendig die Meinung erhalten, dass der Versuch nur mit kreuzweise eingeschnittenem Pappendeckel in dem pag. 79 Fig. 42 abgebildeten Apparate gemacht worden sei. Dass der Versuch, auf den ich selbst kein Gewicht legte, mit Pappendeckel gar nicht in diesem Apparate gemacht wurde, sondern dieser zu Versuchen mit plastischen Massen, Papiermaché und Lehm benützt wurde, lässt HEIM unerwähnt.

Ein ebenso falsches Bild giebt die Darstellung meiner an Fig. 43 pag. 84 anknüpfenden Erörterungen. Wiederholt sagt auch HEIM, dass ich eine gleichmässige Zusammenschiebung in allen Tiefenzonen angenommen hätte; ich habe dies nirgends ausgesprochen, und somit passt Alles, was HEIM daran anknüpft, nicht recht. Auf die Polemik HEIM's gegen meine Behauptung, dass die Faltung eine Oberflächenerscheinung sei, komme ich unten zu sprechen.

Ich habe am Schlusse meines Kapitels IV. die Zeit zu berechnen versucht, welche zu einer solchen Contraction des Erdradius nöthig sei, wie sie HEIM selbst für die Faltung der Alpen berechnete. Gegen diese meine Rechnung macht HEIM Einwendungen, und dass gegen jede derartige Berechnung erhebliche Einwendungen gemacht werden können, habe ich selbst öfters schon ausgesprochen, insofern eben die numerischen Werthe der einzelnen bei der Berechnung verwandten Factoren unsicher sind. Wenn nun HEIM für jeden der fraglichen Factoren den seiner Theorie günstigsten Werth angenommen, ja die bis jetzt ermittelten alle drei- und vierfach höher angenommen hätte, so würde ich das gelten lassen, wenn auch das dann erhaltene, seiner Annahme immer noch höchst ungünstige Resultat, nicht sehr wahrscheinlich wäre. Aber die Art, wie er gegen meine Rechnung polemisiert — nun, der Leser mag selbst darüber urtheilen. Sechs falsche Grundlagen werden von ihm behauptet.

1. Die der Natur widersprechenden Annahmen, welche auf pag. 49—57 und noch an andern Stellen meines Buches schon vorgekommen seien.

2. Der Werth für die Wärmeausstrahlung und Wärmeabgabe sei gar zu niedrig.

3. Der Werth für die specifische Wärme sei auch zu klein.

4. Ich hätte angenommen, die Abnahme der Wärme vertheile sich fortwährend gleichförmig in der flüssigen Masse.

5. Der Contractionscoefficient sei unrichtig.

6. „Die Möglichkeit eines Zerreißens der erstarrenden Schichten, welche das darüberliegende in der hierdurch einseitig gewordenen Contractionsbewegung mitschleppend und hinter sich

Senkungsfelder und Vulkanschote zurücklassen, ist unbeachtet geblieben.“

Wer meine Rechnung ansieht, wird sofort gewahr, dass bei derselben gar nichts vorausgesetzt ist, als ein bestimmter Werth für die Wärmeausstrahlung, die specifische Wärme und den Contractionscoëfficienten. No. 1 ist damit völlig erledigt, ich habe nicht einmal eine bestimmte Temperatur vorausgesetzt oder irgend eines der pag. 49—57 erörterten Verhältnisse. HEIM's ersten Einwand kann ich somit als grundlos zurückweisen, der sub 4 erwähnte aber enthält geradezu eine Umkehrung dessen, was ich behauptete, indem ich pag. 98 ausdrücklich sagte: „Auf die Vertheilung der Temperaturerniedrigung kommt es dabei natürlich gar nicht an“ und weiter gar nichts über diesen Punct erwähnte oder voraussetzte.

Auf No. 6 gestehe ich nichts erwidern zu können, weil ich nicht verstehe, inwiefern das mit der vorliegenden Frage und speziell meiner Rechnung zusammenhängt.

Hinsichtlich der drei von mir angenommenen Werthe der sub 2, 3 und 5 erwähnten Factors kann ich nur erwähnen, dass keiner von mir ermittelt oder willkürlich angenommen wurde. Bei der Wärmeangabe habe ich von den drei vorliegenden Werthen den grössten zu Grunde gelegt, die Vulkane und Thermen aber allerdings unberücksichtigt gelassen. Welchen minimalen Einfluss die Vulkane auf die Contraction der Erde haben, hat schon NAUMANN in seiner Geologie ausgeführt. Ich habe mich früher viel bemüht, den Einfluss der Thermen in dieser Beziehung zu eruiren und zu diesem Behufe zahlreiche Notizen über Wassermenge und Temperatur der Thermen gesammelt, bin aber eben dabei zu der Ueberzeugung gelangt, dass der Einfluss der Thermen ein äusserst geringer sei, der sich nach den vorliegenden Daten aber noch sehr unsicher ermitteln lässt.¹⁾

Was die specifische Wärme und den Contractionscoëfficienten anbelangt, so sind beide nach den von MALLETT darüber angestellten Versuchen und Angaben eingesetzt. Wenn HEIM übrigens meint, dass das specifische Gewicht der Erde eher dazu berechtigte, eine dem Eisen ähnliche, nur etwa halb so grosse specifische Wärme anzunehmen, so muss ich doch darauf aufmerksam machen, dass das specifische Gewicht fester und flüssiger Körper gar keinen Schluss auf die specifische Wärme gestattet, seine Correction rein willkürlich ist.

¹⁾ Würden wir z. B. auf ein Areal von der Ausdehnung Europas 5000 Thermen, von denen jede der Erde in jeder Secunde 50 Wärmeinheiten entzieht, annehmen, so würden diese zusammen doch nur $\frac{7}{9}$ Wärmeinheiten in einem Jahre pro Qu.-Meile der Fläche Europas entziehen.

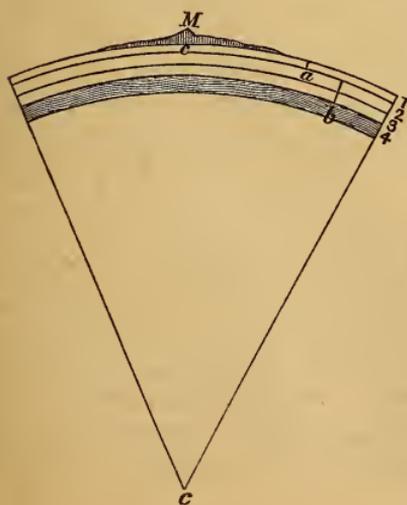
Obwohl auch nicht die mindeste thatsächliche Berechtigung dazu vorliegt, würde ich HEIM nicht nur eine um die Hälfte, sondern um das 10 fache geringere spezifische Wärme annehmen zugeben können. Selbst wenn er auch noch die beiden anderen Factoren jeden um das 10 fache grösser annehmen wollte, würde immer derselbe Uebelstand bleiben, selbst um das 1000 fache verkleinert würde für die zu jener von HEIM angenommenen Contraction nöthige Zeit das Resultat 779 Millionen Jahre sein! Ich verzichte darauf, die von HEIM gegen meine Erörterungen, im folgenden Kapitel vorgebrachten spärlichen sachlichen Einwände hier zu beantworten, einerseits, weil ich das Urtheil über deren Gewicht auch hier überall ruhig dem unpartheiischen und aufmerksamen Leser überlassen kann, andernteils, weil HEIM durch Alles das, was er pag. 292 und 293 sagt, eine wahrhaft alpine Verschiebung, Umformung und Metamorphose meiner Ansichten vorgenommen hat, so dass ich mir erst grosse Mühe geben müsste, um die ursprüngliche Gestalt wieder herzustellen, und den Leser damit hier nicht behelligen will. Als ich diese beiden Seiten von HEIM's Erwiderung las, befahl mich wirklich ein kleines Entsetzen vor mir selbst; was muss erst ein Leser gedacht haben, der meine Schrift nicht gelesen hat? Solchen Lesern gegenüber muss ich nur ganz kurz den wirklichen Thatbestand constatiren, indem ich die betreffenden Stellen aus meiner Schrift wörtlich anführe. Sie beziehen sich auf „Bedenken, die mir öfters schon bei solchen theoretisch ergänzten Darstellungen der Faltungen“ gekommen sind und lauten: pag. 113 „Wenn wir nämlich die Zeichnungen von solchen Falten ansehen, werden wir oft gewahr, dass die Umbiegungen selbst gar nicht beobachtet wurden oder auch nicht beobachtet werden können, sondern dass dieselben nur hypothetisch sind und nur durch Verlängerung der vorhandenen Schichtensysteme in die Luft erhalten werden können, sog. Luftsättel. Nun ist ja in vielen Fällen ohne Weiteres eine solche Ergänzung sehr leicht und einfach anzunehmen und auch als im höchsten Grade wahrscheinlich anzusehen, in anderen aber liegt die Sache viel weniger einfach, und es lässt sich für manche derartige Fälle für die eingetretene Faltung gar kein Beweis beibringen, als der, dass sonst dem Alter nach verschiedene Schichtensysteme in einer von der gewöhnlichen Lagerungsweise abweichenden Ordnung sich wiederholen.“ Pag. 115 erkläre ich ausdrücklich „den Thatsachen gegenüber, wenn sie noch so unerklärlich sind, muss jeder Zweifel verstummen, aber Theorien gegenüber, die neben den zu constatirenden Thatsachen andre voraussetzen, ist jeder Zweifel berechtigt.“ Specieil HEIM gegenüber hob ich hervor pag. 142 „Es wäre

im höchsten Grade vermessen, ohne die allergenauesten Untersuchungen an Ort und Stelle gegen die Beobachtungen HEIM's selbst irgend etwas einwenden zu wollen“ und habe das auch nirgends gethan. Der einzige Fall, den ich näher besprochen habe, die Beobachtungen BALTZER's am Glärnisch war eben ein solcher, in dem die Beobachtung hypothetisch ergänzt war, und an ihn dann anknüpfend und die Schwierigkeiten dieser Hypothese, sowie den der Ausquetschung der Schichten besprechend, sagte ich pag. 117 „das Bisherige mag genügen, zu zeigen, wie wenig in manchen Fällen ein sicherer Beweis einer wirklichen eingetretenen Faltung und starken Quetschung beigebracht worden ist.“

Und was sagt nun HEIM darüber? Er sagt pag. 292: „PFAFF argumentirt, wie wenn . . . die Umbiegungen, die in tausend Fällen direct gesehen werden, eine blosser Hypothese wären. Kurz: er verfällt nun darauf, die von zahlreichen Forschern in zahlreichen Arbeiten niedergelegten Beobachtungen theils zu ignoriren, theils anzuzweifeln, endlich zu leugnen. Und pag. 293 sagt er, anknüpfend an die letzte oben von mir mitgetheilte Stelle (pag. 117), die er wörtlich anführt: „Was heisst dies anders, als dass die Beobachtung zahlreicher Forscher während zahlreicher Jahre über die Gesteinslagerung im Gebirge Täuschungen und nichts als Täuschungen seien?“

Eine solche Logik ist mir unbegreiflich.

Obwohl eine solche Art der Polemik es nicht gerade leicht macht, auf die Sache selbst einzugehen, will ich doch hier ganz kurz auf das Wichtigste mich einlassen, um nicht den Schein zu erregen, als ob ich die Einreden HEIM's für stichhaltig ansähe. Folgendes sind die Hauptpunkte meiner Einwände gegen die Faltungstheorie durch Schrumpfung. Nehmen wir



die Erde als eine geschmolzene Masse an, die sich durch Abkühlung mit einer Rinde umgab, auf der sich später Sedimente absetzten, so ist klar, dass wenn 1—4 die Rinde darstellt, nur durch eine Faltung dieser möglich ist, dass sie dem Mittelpunkte C sich nähert, was wiederum nur dann eintreten kann, wenn der Inhalt zwischen 4 und C kleiner wird, der Radius sich verkürzt.

Daraus zog ich nun folgende Consequenzen:

1. Die Schrumpfung des Erdkörpers müsste in ihren Folgen stets die ganze Rinde ergreifen, da ja, wenn 4 sich nicht dem Centrum nähert, auch 3 sich nicht demselben nähern kann, eine Faltung der oberen Schichten nicht ohne eine solche der tieferen möglich sei.

2. Wenn die Schicht 1 bis a zusammengefaltet würde, so könnte dies nur geschehen, wenn auch 2 und 3 um denselben Betrag zusammengeschoben würde, 1 könne nicht bis a geschoben werden, wenn 2 und 3 etwa nur bis b verrückt seien.

3. Eine aufgelagerte an ihren Seiten freie Masse wie M könne nicht zusammengeschoben werden, sondern nur in indirecter Weise durch die unten (bei c) sich bildenden Falten in ihrer Lage beeinträchtigt und verschoben werden, was ich pag. 36 und 37 näher auseinander gesetzt hatte.

1. und 2., behaupte ich nun, stimme nicht mit der Erfahrung überein, die Falten seien eine Oberflächenerscheinung, nicht die ganze Rinde ergreifend, die obersten Schichten zeigten sich oft stark gefaltet ohne Theilnahme der tieferen, und hatte, um dies anschaulich zu machen (pag. 87), den Durchschnitt HEIM's durch die Alpen mit Hinzufügung der die Dicke der Erdrinde veranschaulichenden Linien beigefügt.

Wie argumentirt nun HEIM gegen diese, wie mir scheint, sehr einfache Consequenzen?

Ad 1 sagt er: „Die verschiedenen Tiefenregionen sind in verschiedenen Stadien der Abkühlung, sie sind nicht im Verhältniss ihrer Radien zu gross für den schwindenden Kern, sondern die äusseren Erstarrungslagen und die älteren Sedimente sind verhältnissmässig in höherem Betrage zu weit, als die inneren Erstarrungslagen.“ Der Seitenschub hat „in den ersten geschlossenen Schalenlagen (ältere Sedimente und krystallinische Schiefer) sein Maximum; zu tieferen Schalen hin nimmt er allmählich ab. . . . Der Zusammenschub, der durch fortschreitende Abkühlung des Erdballs entsteht, ist also ganz verschieden gross in verschiedenen Schalen oder Lagen und negativ in der Tiefe, selbst in schon festen Massen.“

Ich glaube nicht nöthig zu haben, die groben Verstösse gegen die physikalischen Gesetze der Wirkungen der Contraction beim Erkalten von Körpern, die sich in diesen Aeusserungen HEIM's kundgiebt, näher nachzuweisen. Ein Blick auf unsere Figur genügt zu zeigen, dass die Bedingung einer Faltung lediglich in der Verringerung des Radius C 4 liegt, und dass, wenn dieser sich nicht verringert, keine Contraction einer Schale, die ja nur eine Verkleinerung des Bogens, den sie

einnimmt, bewirkt, einen Seitendruck erzeugen kann. Ich kann dies um so eher unterlassen, als HEIM selbst wieder an einer anderen Stelle dieselbe Auffassung ausspricht. Er sagt nämlich (pag. 281): „In Folge dieser stetigen Ausfüllung der Contractionsrisse¹⁾ waren jederzeit die verschiedenen Rindenschalen in ihrer Grösse dem damaligen noch heisseren grösseren Kerne angepasst, und deshalb musste jede weitere Erstarrung und Abkühlung sofort Horizontaldruck erzeugen.“ Meiner Behauptung, die Falten seien eine Oberflächenerscheinung und ständen im Missverhältnisse zu der Dicke der Rinde, hält HEIM weiter nichts entgegen, was ich besprechen könnte, als eben das, dass der Zusammenschub in verschiedenen Tiefen ungleich sei, und dass ich stets meinte, dass die Erdrinde in allen Tiefenzonen gleichförmig zusammengeschoben sein müsse, und ich hätte keinen einzigen Beobachtungsbeweis dafür beigebracht, dass die stärksten Faltungen oft nur die obersten Schichten betroffen hätten. — Nun die Figur nach HEIM, die ich anführte, zeigt dies, meine ich, schon deutlich genug und noch mehr die Durchschnitte BALTZER's vom Glärnisch, von denen ich einen pag. 114 meiner Schrift mitgetheilt habe.²⁾ Ein Blick auf diese, noch mehr auf Fig. 10 der BALTZER'schen Durchschnitte zeigt doch sofort, dass der untere und mittlere Jura ganz sanft ansteigend verlaufen und nicht im mindesten an der doppelten Faltenlegung der Kreide über ihnen Theil nehmen.

Zu 3 bemerkt nun HEIM: „PFAFF schematisirt nun in seiner Weise mit einer Figur von sehr übertriebenem Verticalmaassstab (pag. 74. Fig. 39)... Er übersieht angesichts seiner Figur, dass, im richtigen Verticalmaassstabe gezeichnet, die

¹⁾ Meiner Besprechung der Spaltenbildung durch Abkühlung hält HEIM entgegen, dass die obersten Spalten sofort durch die ersten Sedimente hätten ausgefüllt werden müssen. Das ist ganz richtig, berührt aber die tieferen nicht. Das Auftreten der eruptiven Massen, die ja verhältnissmässig in sehr geringer Menge und meist gangförmig auftreten, scheint nicht dafür zu sprechen, dass sie die Spalten nur zum kleinsten Theile ausfüllten.

²⁾ Herr BALTZER hat mir gelegentlich dieses Profils eine „Verschweigung wesentlicher Punkte“ in Heft 1 dieser Zeitschrift vorgeworfen, indem ich den Kreidecomplex s nicht wieder aus der Schlinge herausgewickelt habe. Ein Blick auf das Originalprofil BALTZER's zeigt, dass mein Profil genau sich an das seinige anschliesst. Er hat Ober-Jura, Untere, Mittlere Kreide blau—rosa—ocker gemalt. Wäre die Kreide wieder herausgewickelt, so müsste auch rechts auf der Figur, wie links die normale Folge auf blau: rosa-ocker sich finden; sie ist aber rechts: blau, ocker, rosa. Der rosa Kreidecomplex ist also auch von Herrn BALTZER im Original nicht herausgewickelt.

Kontinente und der Meerboden kaum merkbare Abweichungen von der genauen Gewölbelinie der Erdrinde sind, so dass die letztere selbst nicht für nahe der Oberfläche liegende Schichten unterbrochen wird. — Ich hätte ferner ohne alle Berücksichtigung der Reibung allen Zusammenhang mit den tieferen Schichten aufgehoben gedacht, die beide doch ein „Mitgeschlepptwerden“ jener freien Massen bewirken müssten.“

Die eigenthümliche Art HEIM's im Polemisiren zeigt sich hier wieder sehr eklatant. Ich habe nämlich 1. jene Figur, wie ich auch dabei ausdrücklich erwähnte, im natürlichen verticalen Maassstab gezeichnet, denselben auch angegeben, so dass ein Anlegen eines Maassstabes genügt, um sich von der Richtigkeit desselben zu überzeugen, und 2. ebenso ausdrücklich die von mir sogen. indirecten Druckwirkungen, ausgeübt von der Unterlage auf eine seitlich freie Masse, auch hier wieder (pag. 76) erwähnt.

Nur noch einige Bemerkungen auch über das sechste und letzte Kapitel, das sich speciell mit HEIM's Theorie beschäftigte. Wiederholt heisst es hier, dass ich ihn nicht verstanden, dass die alten und neue Missverständnisse meinen Erörterungen zu Grunde lägen. Ich will auf einige dieser eingehen, um zu zeigen, dass diese Missverständnisse zum Theil HEIM selbst theilt, zum Theil veranlassen musste. Wenn er aber pag. 295 zu der Stelle meiner Schrift „wenn von 3000 M. Tiefe an bis zum Mittelpunkte der Erde Alles durch den Druck und die Hitze plastisch und flüssig angenommen werden müsse, so müsste die Erdrinde selbst eine tägliche Fluth- und Ebbebewegung zeigen“ bemerkt: „Hier wie in den folgenden Einwendungen, welche mir PFAFF macht, tritt uns wieder die unglaubliche Verwechslung von plastisch und flüssig entgegen“, so ist das ein Missverständniss seinerseits. Obige Stelle sagt für Jeden weiter nichts, als was HEIM selbst annimmt, oben macht der Druck die Massen plastisch, weiter unten macht sie die Hitze flüssig. Nirgends habe ich plastisch und flüssig verwechselt, aber das ist ja klar, dass die plastischen Körper, die ja einen Zwischenzustand zwischen dem festen und flüssigen darstellen, gewisse Eigenschaften mit beiden gemein haben; mit den flüssigen haben sie die gemein, auch bei verhältnissmässig geringem Druck ihre Gestalt zu verändern und, wie dies ja auch HEIM selbst zugesteht, den Druck allseitig ähnlich Flüssigkeiten fortzuleiten. Und es ist doch ein wunderliches Verfahren, wenn HEIM die daraus nothwendig sich ergebenden Consequenzen damit zurückweisen will, dass er, weil dieselben in noch höherem Grade bei Flüssigkeiten auftreten,

sagt: man habe hier plastisch und flüssig verwechselt. Noch wunderlicher aber ist es, wenn er dieselben Consequenzen in einem Falle selbst zieht, sie aber mir zu ziehen verwehren will. Wir haben schon oben pag. 548 bei Besprechung meines Druckversuches einen ähnlichen Fall, die Wirkung des Druckes auf unsere Tunnels, erwähnt, ein ganz gleicher begegnet uns hier. Ich habe pag. 135 als Consequenz der Theorie von dem Plastischwerden der Massen durch Druck hervorgehoben und besprochen, dass hoch aufsteigende Berge am Meeresufer ihre Sohle ausquetschen und niedriger werden müssten. Pag. 297 seiner Kritik weist HEIM dieses schroff als unmöglich zurück. Und doch sagt er II. pag. 100 seines Werkes, wo er von den Folgen der Thalbildung durch Erosion spricht, wörtlich also: „Am Fusse des nun von Thälern umfurchten Bergstockes wird die Last das Gestein seitlich gegen die Stellen, welche durch die tiefen Thaleinschnitte freigelegt worden sind, ausquetschen, während die Berggipfel spurweise sinken.“ Ein anderes Missverständniss hält mir HEIM vor, dass ich nämlich nicht beachtet hätte, dass auch die oberflächlichsten eocänen Falten, die wir jetzt vor uns sähen, unter einer mächtigen, jetzt durch Denudation entfernten Gebirgsmasse und nicht an der Luft sich gebildet hätten. Ich gestehe dieses zu, bin aber überzeugt, dass auch anderen aufmerksamen Lesern des HEIM'schen Werkes es ähnlich gegangen sein wird, wie mir, nämlich dass sie, wie ich wenigstens, auch beim Ueberlegen nicht zu einer sicheren Anschauung gekommen sind, ob HEIM diese Ueberlagerung als *conditio sine qua non* für alle Faltungen ansieht oder nicht. Zweierlei war es, was mich veranlasste, es nicht anzunehmen. Einmal der Umstand, dass mir dadurch seine Theorie noch bedenklicher vorgekommen wäre, insofern, als sich gar nichts von diesen Massen zwischen den stark zusammengedrückten und übergelegten Falten findet, und auch sonst die mechanischen Verhältnisse der Faltung noch schwieriger dadurch begreiflich werden. Dann zwei Thatsachen in HEIM's Werk selbst, nämlich 1. die, dass er da, wo er den Gebirgsdruck berechnet (II., pag. 96) für den Hochgebirgskalk alle ihn drückenden Gesteine aufzählt und schliesst „800 M. eocäne Gesteine, vielleicht auch noch jüngere Gebilde“ und pag. 97 für den Röthdolomit der Tödigruppe mit 800 M. Eocän“ völlig abschliesst. 2. dass er Taf. XVI. Fig. 9 „die Alpen vor der Hauptfaltung“ darstellend ebenfalls mit dem Eocän die Schichten schliesst, also hier diese Massen überall selbst weglässt.

Nach dieser Darstellung hoffe ich für dieses mein Miss-

verständnis von HEIM Verzeihung zu erlangen und von den Lesern gewiss auch dafür, dass ich nicht auf alle Einwände von HEIM eingegangen bin; ich hätte sonst allzulange ihre Geduld in Anspruch nehmen müssen. Diesen oder jenen unerledigten Punkt zu besprechen, ergibt sich wohl hie und da noch anderen Orts Gelegenheit¹⁾, und so sehe ich auch meinerseits diese nicht sehr erquickliche Polemik als erledigt an.

¹⁾ Die kleine Arbeit über den Lochseitenkalk war schon 3 Monate, ehe HEIM's Kritik in dieser Zeitschrift erschien, vollendet. Ich würde in derselben sonst auf einige Bemerkungen desselben pag. 292 Bezug genommen haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): Pfaff Friedrich

Artikel/Article: [Einige Bemerkungen zu Herrn Heim's Aufsatz „Zum Mechanismus der Gebirgsbildung“. 542-558](#)