

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Das Experiment in der Geologie

Paulcke, Wilhelm

Karlsruhe, 1912

Einleitung

[urn:nbn:de:bsz:31-289039](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289039)

Einleitung.

Das Experiment in der Geologie als Forschungsmethode anzuwenden, liegt den meisten Geologen fern. Es gibt bei uns kaum ein geologisches Institut, welches brauchbare Einrichtungen für experimentelle geologische Forschungsarbeit besitzt; nur ab und zu findet sich ein kleiner Apparat für den einen oder den anderen Demonstrationsversuch.

Meist haben die Apparaturen nur den Wert einer hübschen Spielerei und es sind vielfach nur ganz oder nahezu selbstverständliche Dinge damit zu zeigen. Diese Spielzeuge haben in unserer Zeit bei Vielen das geologische Experiment in Mißkredit gebracht, doch ist diese Mißachtung in der vielfach geübten unzureichenden Handhabung geologischer Versuche begründet, und man darf daraus nicht den Schluß ziehen, daß schwierige geologische Probleme der experimentellen Forschungsmethode unzugänglich sind.

Vor allem im großen Gebiet der dynamischen Geologie ist vielen Fragen auf dem Wege des Versuches beizukommen.

Manches Problem der Gebirgsbildung insonderheit kann durch tektonische Versuche geklärt, wenn nicht gar der Lösung entgegengeführt werden. Diese Überzeugung veranlaßte mich, Versuche¹⁾ über die Erscheinungen der Tektonik in größerem

¹⁾ Vergl. *W. Paulcke*, Kurze Mitteilungen über tektonische Experimente. *Mitteil. d. Oberrhein. geol. Vereins* 1911 und *W. Paulcke*, Über tektonische Experimente. Vortrag, Versammlung deutscher Naturf. und Ärzte, Karlsruhe 1911. Leipzig 1911.

Maßstabe zu beginnen, und ich bin der Großherzoglichen Regierung für die Zuwendung reicher Mittel aus dem Fond der von Kettner-Stiftung, sowie dem Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe für Befürwortung meiner diesbezüglichen Eingabe, zum allergrößten Danke verpflichtet.

Die für erfolgreiche Versuche unbedingt notwendigen Apparate und Hilfseinrichtungen sind so kostspielige, daß ohne größere Mittel garnicht daran zu denken gewesen wäre, Experimente zu beginnen, die auch nur einigermaßen brauchbare Ergebnisse versprochen hätten. —

Jetzt sind in dem neu eingerichteten geotektonischen Laboratorium des geologischen Institutes schon einige Einrichtungen geschaffen, welche die Durchführung wertvoller Versuchsserien ermöglichen, und ich glaube auch schon durch die bisherigen Ergebnisse gezeigt zu haben, daß die gewählten Methoden von gutem Erfolg begleitet waren.

Über die Ergebnisse meiner tektonischen Experimente wird im letzten Teil dieser Arbeit, im Kapitel: Geologische Versuche berichtet werden.

Die vorliegende Studie bezweckt — soweit dies der Raum und die mir zur Verfügung gelassene Arbeitszeit gestattete — einen kurzen Überblick über die Verwendung und den Erfolg des Experimentes im großen Gebiet der Geologie, zu geben. Dabei fanden die zahlreichen Versuche rein mineralogischer und petrographischer Natur deshalb in aller Kürze Berücksichtigung, weil die großen Erfolge experimentaler Untersuchungen in diesen Hilfswissenschaften, welche untrennbar mit der Geologie verbunden sind, z. T. von weitestgehender Tragweite für geologische Probleme sind.

Auch die folgende Zusammenstellung der wichtigsten geologischen Experimente dürfte zeigen, daß auf diesem Arbeits-

gebiet schon Wertvolles geschaffen wurde, und die Darstellung des Erreichten soll die Wege andeuten, auf denen mit Erfolg weiter gearbeitet werden kann. Sie ist vielleicht geeignet, dazu anzuregen, diesen so vernachlässigten Forschungszweig weiter auszubauen und ihm mehr Aufmerksamkeit zu schenken, als dies bisher geschah.

Durch *James Hutton* wurde die Geologie auf die Bahn der induktiven Forschungsmethode gebracht, welcher wir in erster Linie die wertvollsten Ergebnisse verdanken. — Jede seiner Schlußfolgerungen ist auf exakte Beobachtung von Tatsachen begründet, und aus den Tatsachen, welche wir jetzt beobachten können, deutet er die geologischen Vorgänge, die zur Entstehung früherer Bildungen führten. — Seine »Theory of the earth« nannte er »An investigation of the laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the globe. — (Transactions of the Royal Society, Edinburgh 1788 Vol. I) erschien 1795 in Edinburgh als zweibändiges Werk.

Die Anfeindungen, welche gegen dieses Werk erhoben wurden, veranlaßten Sir *James Hall* (1762—1831) auch das Experiment zur Widerlegung von Zweifeln an den Ausführungen *Huttons* zu Hilfe zu nehmen. — Damit führt *Hall* als erster den exakten Versuch als Forschungsmethode in die soeben erst in die Reihe der Wissenschaften eingetretene Geologie ein. — Mineralogisch-petrographische Experimente beweisen die Richtigkeit der Anschauungen *Huttons* über die Erstarrung von Schmelzflüssen. — Sie zeigen, daß je nach Druckintensivität und Abkühlungsgeschwindigkeit nach Belieben aus von kristallinen Gesteinen gewonnenem Schmelzfluß, entweder glasige Massen, oder kristalline, steinige Erstarrungsgebilde¹⁾ erzeugt werden können. — Auch über Metamorphosierung von Sedimenten, z. B. Umwandlung von Kalk-

¹⁾ Nicholsons Journal Nr. 38 April 1800, ferner Gilberts Annalen VII und Transact. of the Royal Society, Edinburgh 1805 V. p. 13. Vol. VI pg. 71.

massen in Marmor, waren von *Hutton* überaus wichtige Schlüsse auf Grund von Beobachtungen natürlicher Vorkommnisse gezogen worden. —

Hutton war der Ansicht, daß gewisse Gesteinsbildungen und die in ihnen eingelagerten kristallinen Kalksteine durch Hitze veränderte Produkte ursprünglich normaler Schichtgesteine seien. Darauf war ihm entgegnet worden, daß normaler Kalk bei Einwirkung von Hitze seine Kohlensäure verlieren, und gebrannter Kalk werden müsse. *Hutton* erkannte nun, daß zur Lösung solcher Fragen das Experiment mit Erfolg herangezogen werden müsse und gab bereits 1791 seinem Schüler *Hall* Gesichtspunkte für die Art der Versuchsanordnung, welche dieser alsbald durch den Laboratoriumsversuch in die Wirklichkeit umsetzte. *Hall* gelang es dann, Kreide und Kalksteinstückchen in kristallinen Kalk zu verwandeln. Er brachte das genannte Versuchsmaterial in Porzellanrohre und Flintenläufe, verschloß diese hermetisch, und setzte das Ganze sehr hohen Temperaturen aus.

Durch diese Versuchsanordnung wurde erreicht, daß die Kohlensäure aus dem kohlensauren Kalk nicht entweichen konnte, daß die Substanz dem hohen Druck der eingeschlossenen Luft ausgesetzt wurde, wobei schließlich eine körnig kristalline, dem Marmor entsprechende, Masse entstand.

Der Titel der Publikation über diesen grundlegenden Versuch besagt, wie richtig *James Hall*¹⁾ erkannte, daß zur Erklärung gewisser geologischer Erscheinungen die Mitwirkung hohen Druckes notwendig ist; die Überschrift über die betr. Arbeit lautet dementsprechend: Account of a series of experiments showing the effects of compression in modifying the action of heat.²⁾

¹⁾ *Hall* berichtete über diese Versuche in folgenden Werken: Bibliothèque Britannique 1806, Nr. 247. *Molls Ephemeriden* 1808 IV, S. 127.

²⁾ Gelesen 1805; Edinburgh Philosoph. Transactions I. VII, 1812.

Mit diesem klassischen Versuch war die Basis für mannigfache und vielgestaltige physikalisch-chemische Experimente gegeben, welche in der Folgezeit Klarheit über die Entstehung der Mineralien und Gesteine bringen halfen. —

James Hall war aber auch der erste, der tektonische Erscheinungen¹⁾ experimentell nachzuahmen suchte.

Die Faltungen der Gesteine an der Küste von Berwickshire, die parallele Lage der Faltenaxen, und der gleichmäßige Faltenwurf hatten seine Aufmerksamkeit erregt. Er schloß, daß die Schichten dieser Falten einst horizontal gelegen haben müssen, daß die Fortsetzung der Biegungen nach unten in der Tiefe zu suchen sei, und daß auch einst nach oben ein Zusammenhang bestanden habe, der durch die an der Erdoberfläche wirkenden zerstörenden Agentien abgetragen worden sei. *Hall* dürfte damit einer der ersten, wenn nicht der erste gewesen sein, welcher das Faltenausmaß alter Gebirgsteile rekonstruierte und den richtigen Schluß zog, daß diese Schichtstörungen durch eine mächtige mechanische Kraft hervorgerufen worden sein müssen.

Hall nahm an, daß die einst horizontal auf dem Meeresboden abgelagerten Schichten durch eine starke horizontal wirkende Kraft zusammengepreßt worden seien, und daß diesem Druck entweder ein unüberwindlicher Widerstand, oder ein entgegengesetzt gerichteter Druck entgegengewirkt habe. Gleichzeitig meint *Hall*, müsse das Ganze von einer schweren Last niedergedrückt worden sein, welche jedoch von der starken Druckkraft emporgehoben zu werden vermochte. —

Auf diese Weise wurden die beiden entgegengesetzten Enden der Schichten einander genähert, wobei der dazwischen

¹⁾ *James Hall*: on the vertical Position on Convolution of certain Strata and their relation with Granite read 1812 Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh Vol. VII 1815.

liegenden Masse nichts anderes übrig blieb, als sich in eine Folge von Falten zu legen, welche beträchtliche Regelmäßigkeit erhielten und in einer Anzahl parallel gestellter, bald convex, bald concav gegen den Erdmittelpunkt gerichteter Biegungen bestanden. —

Auch für die Erklärung von Gebirgsfaltungen griff *Hall* zum Experiment, welches er anfangs in sehr einfacher, wie er selbst sagt »roher«, Weise anordnete. (Abb. 1 und 2.) Er nahm Zeugstücke, wollene und leinene, breitete sie übereinander auf einem Tisch aus, wobei jedes Stück eine Schicht darstellen sollte. Dann legte er

Abb. 1.

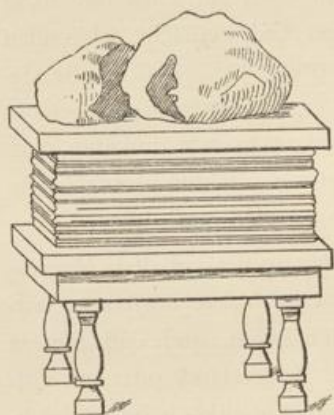
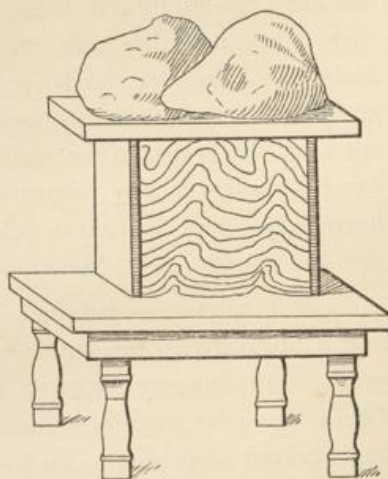


Abb. 2.



Erstes Faltenexperiment von *James Hall*.

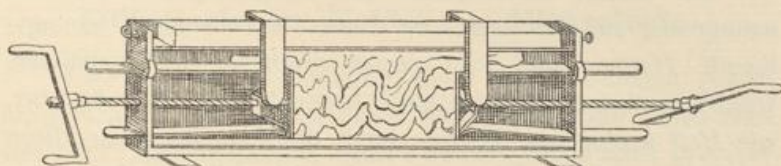
Nach *J. Hall*.

auf das Ganze eine zufälligerweise aus den Angeln gehobene Tür, belastete sie mit Gewichten, sodaß das Ganze unter beträchtlichen Druck kam. An zwei Seiten ordnete er senkrecht zu der geschichteten Masse zwei Bretter an, welche durch wiederholte Hammerschläge einander entgegengetrieben wurden. Auf diese Weise wurden die Schichtenden einander nähergebracht, die Schichten

wurden gezwungen, auf- und abgebogene Falten anzunehmen und die beschwerte Tür wurde allmählich gehoben. — Die Art des Faltenwurfs glich dem der steilgestellten Falten von Berwickshire.

Hall konstruierte sich dann einen Faltungsapparat, von dem Abb. 3 eine genaue Kopie darstellt. Eine Beschreibung des Apparates und der damit ausgeführten Versuche gibt er nicht.

Abb. 3.



Erster tektonischer Apparat von *J. Hall*.

Nach *J. Hall*.

Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß es sich um einen geschlossenen Kasten handelt, in dem zwei Bretter, welche durch obere und untere Führung an Kippbewegungen verhindert wurden, durch Schrauben von zwei Seiten gegeneinander bewegbar sind. Ein solider oberer Abschluß verhindert ein Ausweichen des Materials nach oben. Geringe Ausweichmöglichkeit ist oben seitlich dadurch ermöglicht, daß die beweglichen Druckbretter nicht ganz bis an die obere Decke des Kastens reichen. — Mit diesem Apparat wurden sowohl Tonschichten, wie verschieden gefärbte Tuchlagen gefaltet. Über den Mechanismus der Faltungserscheinungen etc. äußert sich *Hall* noch nicht; er betont bloß, daß die Faltung durch horizontal wirkenden Druck bedingt sei, und daß eine nahezu — wie wir heute sagen — isoklinale, steilgestellte Faltenserie auf Belastungsdruck hinweise.

Als Kraftquelle für die Faltung nimmt *Hall* aufdringende Schmelzflußmassen an, und glaubt besonders unter dem Druck der Ozeane empordringende Granitmassen verantwortlich für die

Faltungsbewegung machen zu müssen. Dabei sollen die noch weichen, am Meeresboden aufgeschichteten, ursprünglich horizontalen Sedimente aufgerichtet und in Falten gelegt worden sein. *Hall* zieht zur vermeintlichen Stütze seiner Ansicht auch *Saussures* Schilderung der Granitmasse des Mont Blanc-Gebiets heran, in dessen engerer Nachbarschaft gefaltete Sedimente seine Ansicht zu stützen schienen; allerdings erwähnt er schon, daß diese Sedimente keine Einwirkung feuerflüssiger Massen zeigen.

Bei diesen theoretischen Schlußfolgerungen steht *Hall* naturgemäß auf der Basis der damals herrschenden Hebungstheorie *Huttons* und kam dementsprechend zu Ergebnissen, welche heutiger Kritik nicht stand halten können. Die Art aber, wie *Hall* geologische Fragen durch das Experiment zu klären suchte, beweist seinen hervorragenden Scharfblick für das Wesen der zu lösenden Probleme und zeigt, wie er begann, die richtigen Wege für die Lösung zu finden. Auffallend ist, daß spätere Autoren den Versuchsapparat von *Hall* so gut wie gar nicht verbessert haben; bis in die allerjüngste Zeit hinein finden wir nur wenig brauchbare Modifikationen, z. T. zeigen sogar die tektonischen Versuche bezügl. Apparatur, wie Versuchsordnung beträchtliche Verschlechterungen, die eine völlige Verkennung des Wesens der Gebirgsbildung verraten.

Wir können *James Hall* mit vollem Recht den Begründer der Experimental-Geologie nennen. Seine beiden Versuche zeichnen in bestimmter Weise die Wege für verschiedene Möglichkeiten von Versuchsreihen vor; Wege, denen die Wissenschaft später gefolgt ist und noch folgt.

Der klassische Versuch, Kalk in Marmor durch Zusammenwirken von Hitze und Druck zu verwandeln, ist bahnbrechend für eine große Gruppe von Versuchen gleicher und verwandter Art.

Wir können drei große Gruppen von Versuchen unterscheiden, die in der Folgezeit zur Klärung geologisch-mineralogischer Vorgänge unternommen wurden.

1. Versuche im Gebiete der Mineralogie, und zwar chemische, physikalische und physikalisch-chemische.
2. Versuche im Gebiet der Petrographie.
3. Rein geologische Versuche.

Naturgemäß stehen vielfach Versuche der einen dieser Gruppen mit solchen einer anderen in enger Beziehung.

1. Versuche im Gebiet der Mineralogie.

Eine genauere Behandlung dieser Untersuchungen gehört nicht mehr in den Bereich dieser Abhandlung; nur einige Hinweise zur Charakterisierung dieser Versuchsgruppe seien an dieser Stelle angeführt.

Eigentlich gehört hierher ja das ganze große Kapitel der physikalischen und chemischen Mineralogie; besonders die in engstem Zusammenhang mit geologischen Fragen stehenden Untersuchungen über das spezifische Gewicht, Deformation, Elastizität, Festigkeit, Spaltbarkeit, Gleitung, Bruch, Plastizität der Mineralien, sowie über Lösungsfähigkeit, Verwitterung derselben u. s. f. Von besonderem geologischen Interesse ist auf diesem Gebiet experimenteller Untersuchungen die künstliche Herstellung von Mineralien auf synthetischem Wege.

Es sei nur an die künstliche Darstellung von Edelsteinen erinnert; z. B. von Diamant von *H. Moissan*¹⁾ u. a. — Rubin und Saphir²⁾ durch *Fremy* und *Feil*, sowie *Verneuil*³⁾ u. s. f. Die Fabrikation künstlicher Edelsteine⁴⁾ ist schon soweit,

¹⁾ *Moissan, H.*, Der elektrische Ofen. Deutsche Übersetzung, Berlin 1894.

²⁾ *Fremy u. Feil*, Comptes rendus 1877.

³⁾ *Fremy u. Verneuil*, Comptes rendus 1890.

⁴⁾ Deutsche Edelsteingesellschaft in Idar. Vergl. Zusammenfassungen und Referate in *C. Doelter*, Handbuch der Mineralchemie, Dresden 1911, sowie *Groth P.*, Chemische Kristallographie, Leipzig 1906—08.