

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Das Experiment in der Geologie**

**Paulcke, Wilhelm**

**Karlsruhe, 1912**

[Text]

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

Weise durch Druck oder Zug deformiert; hierauf läßt man erhärten, und präpariert mit Bildhauerwerkzeugen im Groben und in Einzelheiten ein der erzeugten tektonischen und stratigraphischen Grundlage entsprechendes Relief ein. Schließlich zersägt man das Ganze in geeigneter Weise, sodaß Oberflächenansicht und Profil dem Studium zugänglich sind. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß derartige Reliefs und ihre Herstellung von größtem didaktischen Nutzen sind, und zwar nicht nur für Studierende, sondern auch für lehrende Geologen.

### **Eigene Versuche.**

#### a. Allgemeines.

Seit mehr als zehn Jahren, als die Debatte über alpine Tektonik, Überschiebungs- und Deckenbau die Gemüter besonders stark zu erregen begann, faßte ich, veranlaßt und bestärkt durch die Beobachtungen bei der Arbeit im Felde, den Plan für diese Fragen auch auf experimentellem Wege Lösung zu suchen. —

Da mir anfangs die zur Verwirklichung meiner Absicht nötigen Mittel fehlten, mußte ich mich darauf beschränken, in Gedanken und auf dem Papier tektonische Apparate zu konstruieren, die möglichst vielseitigen Anforderungen gerecht werden sollten, und Versuchsanordnungen zu ersinnen, die geeignet schienen, Licht in die Genese komplizierter Lagerungsverhältnisse zu bringen. —

Die wenigen mir damals bekannten bisher zu ähnlichen Zwecken konstruierten Apparate waren für die Beantwortung der Fragestellungen, welche sich mir besonders bei der Arbeit in Jura und Alpen aufdrängten, durchaus ungeeignet. Auch nachdem ich jetzt die Literatur über tektonische Versuche durchgearbeitet habe, zeigte es sich, daß selbst mit den bisher besten Versuchsanordnungen, z. B. denen von *Bailey Willis*, nur eine beschränkte Anzahl von tektonischen Problemen auf experimentellem Wege in Angriff genommen werden konnte. Mit diesen Versuchen wurde

eine Reihe wichtiger Fragen, bezüglich des Mechanismus einfacherer Faltungs- und Überschiebungsvorgänge geklärt, sie dienen als wertvolle Grundlage für weitere Arbeiten. —

Mit wenigen Ausnahmen — unter denen besonders *Reade* und *Willis* zu nennen sind — waren bei den meisten Experimentatoren die Versuchsergebnisse unbeabsichtigte Zufallsprodukte.

Mir lag in erster Linie daran, nach Möglichkeit tektonische Bildungen experimentell auf mechanischem Wege entstehen zu lassen, welche bestimmten tektonischen Typen, z.B. des Jura- und Alpengebirges, ähnlich sind. Zu diesem Zwecke war es nötig, von den Beobachtungen der in diesen Gebirgen und in deren Umgebung herrschenden stratigraphischen und strukturellen Verhältnissen auszugehen, damit für den Versuch möglichst Vorbedingungen geschaffen wurden, welche aller Wahrscheinlichkeit nach von ausschlaggebender Bedeutung für die Entwicklung des Gebirgsbaus entsprechender Gegenden ausschlaggebend waren. — Nur wenn die Fragestellungen einigermaßen richtig sind, können befriedigende Antworten erwartet werden. — Daß aber tektonische Probleme auf experimentellem Wege der Lösung näher gebracht, oder ganz geklärt werden können, davon bin ich fest überzeugt. — Auf mechanischem Wege entstandene Gebilde — und das sind unsere Gebirge — müssen auch im Prinzip auf mechanischem Wege, durch das Experiment, nachgeahmt werden können.

Die meisten — ja wohl fast alle — bisherigen Versuche haben allgemeine Fragen beantwortet, und es wurden nicht systematisch Spezialfälle aus der Natur als Grundlage für die Versuchsanlage genommen. —

Zur Beantwortung von einer Reihe allgemeiner, wie spezieller tektonischer Fragen konstruierte ich mir drei durchaus verschiedene Apparate, um nach den verschiedensten Gesichtspunkten angeordnete Versuchsreihen ausführen zu können. An dieser Stelle soll nur kurz von den Versuchen die Rede sein, welche mit dem

einen der Apparate ausgeführt wurden; ein Teil der Versuchsergebnisse und Abbildungen derselben wurden bereits in aller Kürze veröffentlicht; eine weitere Versuchskategorie kommt neu zur Darstellung.

Wir alle wissen, daß ein zusammengeschobenes Tuch Falten bildet: Antiklinalen, Synklinalen, liegende Falten usw., das sind selbstverständliche Dinge, und ein Apparat, durch den man nur zeigt, daß übereinandergeschichtete bunte Tücher etc. Faltungskomplexe bilden, wenn wir sie durch seitlichen Druck zusammenschieben, ist ein ganz brauchbares Demonstrationsobjekt, doch wird damit unsere Erkenntnis tektonischer Vorgänge kaum gefördert. Man hat auch verschiedenfarbige Schichten gleichartiger, plastischer Materialien (Wachs usw.) übereinander angeordnet und damit Schuppen, Falten, liegende Falten, sowie Faltenüberschiebungen erzielt. Das sind tektonische Elemente, deren Existenz unbestritten ist, und deren allmählicher Werdegang mechanisch leicht verstanden werden kann, wenn auch die Ursachen für ihre allgemeine Gestaltung, wie die für die Auslösung zu ihrer Entstehung noch durch systematische Untersuchungen geklärt werden müssen.

Anders liegt die Sache bei der Frage nach der Existenz und Entstehung von Überfaltungs- und Überschiebungsdecken, wie sie die moderne Auffassung des Gebirgsbaus der Alpen annimmt. Durchaus ungenügend geklärt sind die Fragen nach den Auslösungsursachen von Faltungen und Überschiebungen, nach den Ursachen bestimmter Faltenanordnungen, nach der Entstehung besonderer tektonischer (Faltungs- und Überschiebungs-) Typen; nach Einwirkung von Hebungen, Senkungen, eingeschalteten Widerständen u. s. f.

Eine große Anzahl von Geologen — wie besonders betont werden soll, sind es in erster Linie die, welche die Alpen genauer aus eigener Anschauung und Arbeit kennen — ist vom Deckenbau der Alpen überzeugt. Eine mindestens ebenso große,

wenn nicht größere Anzahl steht der Deckenhypothese ablehnend, ja man könnte fast sagen feindlich, gegenüber.

Als hauptsächlichstes Gegenargument gegen weitgreifende Deckenüberschiebungen, wie gegen Deckenbildung überhaupt, wird von den Gegnern meist bloß der Satz angeführt »ich kann mir das nicht vorstellen« oder »eine derartige Tektonik ist mechanisch nicht vorstellbar«.

Wenn nun tektonische Erscheinungen, die für viele nicht vorstellbar sind, experimentell darstellbar gemacht werden, dann ist vielleicht schon damit allein ein brauchbares Ergebnis gewonnen. Es muß nun von vornherein zugegeben werden, daß wir nie imstande sein werden, bei tektonischen Versuchen die Verhältnisse, welche wir nachahmen, oder erklären wollen, genau zu kopieren; wir können nur versuchen, wenigstens prinzipiell ähnliche Bedingungen zu schaffen. Dabei werden wir nie über eine höchst rohe Annäherung an die bestehenden Verhältnisse hinauskommen, und müssen selbstverständlich eine große Menge von Unvollkommenheiten mit in Kauf nehmen. Diese Einwürfe werden mir auch bezüglich der vorliegenden Versuche gemacht werden, und ich muß sie gelten lassen. Vor allem haften den Versuchen noch manche technische Mängel an, wie zu große Dicke der Schichten und zu starres Verhalten derselben im Verhältnis zur Stärke des auflastenden Druckes, welche in Zukunft nach Möglichkeit ausgemerzt werden sollen.

Wenn ich nun aber trotzdem von möglichst ähnlichen Vorbedingungen — wie ich sie für ein Gebiet nach den vorliegenden Befunden als wirksam annehmen muß — bei dem Ansetzen der Versuche ausgehe, und dann wirklich, nach vollführtem Versuch, verblüffend ähnliche Ergebnisse erhalte, wie die Natur sie zeigt, so darf ich wohl mit Recht behaupten, bei meiner Versuchsanordnung und -durchführung einigermaßen den natürlichen Verhältnissen entsprechende geschaffen zu haben. Ich

darf dann wohl mit Recht annehmen, ein mechanisches Analogon aufweisen zu können.

Noch günstiger wird der Fall, wenn ich imstande bin, **eine Reihe** prinzipiell wichtiger, in der Natur bekannter, bzw. hypothetisch angenommener, tektonischer Erscheinungen experimentell nachzumachen, zu zeigen, welche wichtigen mechanischen Vorbedingungen für Entstehung von diesem oder jenem Einzeltypus maßgebend sind, und wenn ich nachweisen kann, daß die auffallendsten Vorbedingungen für die entsprechenden tektonischen Erscheinungen analoge in der Natur, wie für das Ergebnis des Laboratoriumsversuchs gewesen sein dürften.

Wir wissen, daß die gebirgsbildenden Kräfte zur Bildung von Faltungen und Überschiebungen in erster Linie in Sedimentärgebieten ausgelöst werden, und zwar in den Geosynklinalgebieten, in denen eine relativ mächtige Folge geschichteter Gesteinskomplexe abgelagert waren. Meines Erachtens ist das Vorhandensein zahlreicher Schichtflächen die wichtigste Vorbedingung für die Auslösungsmöglichkeit tektonischer Bewegungsreaktionen auf tangentialen Druck, weil in den Schichtkomplexen zahlreiche wohlprädisponierte Gleitflächen gegeben sind, welche für jeglichen, vorwiegend horizontal gerichteten, Faltungs- und Überschiebungsvorgang die günstigsten Vorbedingungen abgeben, und welche überdies auch ihrer Natur und Lagerungsform nach leicht in der Lage sind, in vertikaler Richtung auszuweichen. Darin ruht einer der Hauptgründe, warum frühere Geosynklinalgebiete besonders von Faltungs- etc. Tektonik ergriffen worden sind. Gebiete mit früher gefalteten, nicht in der Richtung des in der Erdrinde herrschenden tangentialen Druckes gelagerten Sedimenten, wie mehr oder weniger senkrecht zur Erdoberfläche sich erstreckende kristalline Massen, werden also aus rein mechanischen Gründen keine für Auslösung von Faltungen usw. geeignete Gegenden

sein. Wir werden also von horizontal gelagerten Schichten, auf welche wir in ihrer Lagerebene gerichteten Druck (tangential) wirken lassen, bei grundlegenden Versuchen ausgehen müssen. Dabei wird es sich empfehlen, die Vorbedingungen anfangs so einfach wie möglich zu gestalten.

Ein weiterer wichtiger Grund, warum gerade die schmalen Geosynklinalgebiete in erster Linie von faltender und überschiebender Gebirgsbildung ergriffen wurden, und nicht breit ausgedehnte Sedimentärkomplexe mit gleich vollständiger Schichtgesteinsserie (vergl. »russische Tafel«), liegt meines Erachtens darin, daß durch den tangential wirkenden Kontraktionsdruck leichter schmale, als weitgespannte Gewölbeteile der Erdhülle überwunden werden.

#### b. Apparate und Versuchsanordnung.

Die Arbeiten von *Cadell* und *Bailey Willis* wurden mir erst zugänglich, nachdem ich mein tektonisches Laboratorium eingerichtet, den im nachfolgenden beschriebenen Apparat gebaut, und die ersten Versuche bereits ausgeführt hatte. — Umso erfreuter war ich, als ich sah, daß ich in den vor den Versuchen angestellten grundsätzlichen Überlegungen, wie in einigen der wichtigsten dadurch bedingten Versuchsanordnungen, besonders mit *Bailey Willis* übereinstimme. Ich glaube auch sowohl in der Art der Fragestellung, wie der Anordnung, und in den Ergebnissen der Versuche außerdem ein gut Stück weiter gekommen zu sein. Bei der Konstruktion des Apparates zur Herstellung von Faltungen, Überschiebungen etc. ging ich von folgenden praktischen und theoretischen Überlegungen aus:

1. Herstellung möglichst großer Abstufung der Materialbeschaffenheit von plastischen zu starren Schichten, und starker Variationsbreite der Schichtendicke. Daraus resultierend die Möglichkeit, die verschiedenartigsten faciiellen Kombination in der

Horizontalen wie Vertikalen nach Belieben anordnen zu können.

2. Es müssen diese Schichten bequem horizontal auf plastischer Unterlage eingebracht werden können.
3. Kräftiger Horizontalschub (= tangentialer Schub) muß möglich sein, ohne daß Schrägstellungen oder Hebungen der Druckfläche erfolgt.
4. Alle tektonischen Bilder, welche wir jetzt an der Oberfläche sehen — besonders in den Überfaltungs- und Überschiebungsgebieten der Alpen — sind Tiefenbilder; alle diese tektonischen Typen sind einst unter starkem Druck in großer Mächtigkeit auflastender Sedimente entstanden, und erst nach und nach durch Verwitterungserscheinungen und Erosionsvorgänge herauspräpariert, und unseren Blicken zugänglich gemacht worden.

Wir müssen also, wenn wir ähnliche tektonische Erscheinungen erhalten wollen, die Schichten unter sehr starkem Druck falten; der Apparat und die Versuchsanordnung müssen derart eingerichtet sein, daß starke Belastung von oben her möglich ist.

5. Der auflastende Druck war nicht an allen Stellen der in Faltung begriffenen Schicht gleich, es fanden lokale Entlastungen statt, sodaß leichtere Ausweichmöglichkeit nach oben vorlag, oder es war stellenweise so starker Belastungsdruck vorhanden, daß die Ausweichmöglichkeit nach oben nahezu oder ganz aufgehoben war. Deshalb mußte der Belastungsdruck im Faltungsapparat regional und lokal variiert werden können.
6. Manche tektonischen Bilder scheinen dadurch erklärbar zu sein, daß höhere Schichten beim Überschiebungsvorgang über tiefere wegglitten, und auf die unteren Komplexe



gleichsam auswalzend wirkten. Auch dieser tektonischen Möglichkeit mußte Rechnung getragen werden.

7. Für Anordnung und Entwicklung von Faltungs- und Überschiebungsgebilden etc., Gestaltung der Gebirgszüge im Einzelnen, wie im Großen sind die verschiedenartigsten Widerstände und Ausweichmöglichkeiten in Gestalt von Senkungen, Hebungen, alten Massiven etc., im Faltungsgebiet selbst, wie in dessen Hinterland und Vorland von ausschlaggebender Bedeutung gewesen. Es muß also ein tektonischer Apparat die Möglichkeit bieten, derartige Widerstände einzuschalten, Hebungen und Senkungen vor, während und nach der Sedimentation, wie vor, während und nach dem Einsetzen des Faltungsvorganges vorzunehmen.

Diesen unter 1. bis 7. genannten, für die Art der Auslösung, wie Gestaltung von tektonischen Gebilden wichtigen Forderungen, ist, wenn auch z. T. noch unvollkommen, in meinem nachstehend beschriebenen Faltungsapparat von vornherein Rechnung getragen worden. Damit wurde eine Annäherung an natürliche Verhältnisse geschaffen, welche die bisherigen tektonischen Apparate nicht aufweisen.

#### Der Versuchsapparat, Tafel VIII bis XI

ist schwer aus Eisen gebaut, damit er imstande ist, großen Belastungsdruck auszuhalten. — Die Basis bildet ein solides Gestell aus T-Eisen, auf welchem in einem festen Rahmen eine eiserne Platte ruht. Darauf ist ein aus 4 schweren, 60 cm hohen eisernen Seitenwänden gebildeter, rechteckiger Kasten von 199 cm lichter Länge und 98 cm lichter Breite angebracht, bei dem die zwei Seitenwände und die Vorderwand abnehmbar sind, während die Rückenwand fest ist. Diese drei Wände ruhen in Zapfen auf dem Rahmen und sind fest miteinander verschraubbar. Die Rückwand trägt die zwei miteinander ge-

kuppelten, relativ tiefliegenden, Druckspindeln, und ist außerdem durch T-Eisen verstärkt. Die Druckspindeln sind an einer festen Druckwand befestigt, welche durch diese zwei Druckspindeln vorgetrieben und zurückgezogen werden kann. — Damit die Druckwand nicht rückwärts kippen kann, wird sie in ihrem oberen Teil durch zwei — nachträglich eingebaute — Regulier- spindeln vorgepreßt.

Vor der festen Druckwand ist eine lose, eiserne Druckwand angeordnet. Beide Druckwände haben die Gestalt eines nach rückwärts offenen Kastens. —

Die Anordnung der losen Druckwand vor der festen hat den Zweck, ein weites Verschieben derselben durch Einsetzen verschieden langer Druckklötze aus Holz zu ermöglichen, damit die Spindeln nicht zu lang gemacht werden brauchen, weil sie bei zu großer Länge leicht Verbiegungen erleiden könnten. —

Vor der losen Druckwand an ihrer Basis wird der hölzerne Plattenklotz angeschraubt, auf welchem nach Bedarf eine eiserne Druckplatte aufgeschraubt wird. Erst vor dem Plattenklotz werden die zu dislozierenden Schichten eingebracht. —

Zur oberen Führung der Druckwände ist beiden Seitenwänden eine Führungsschiene aufgeschraubt, welche einem Heben und Kippen der Druckwände durch von vorn unter dieselben eindringendes Material entgegenwirkt. —

Die Platte auf dem Rahmen ist nun nicht ganz geschlossen, sondern in dem Rahmen ist im vorderen Teil (zirka  $\frac{2}{3}$ ) eine große Öffnung, in welcher 12 »Kästen« in drei Längs- und vier Querreihen (vergl. Tafel VIII und IX) angebracht sind, welche gehoben und gesenkt werden können (auf den Abbildungen als »Senkungskästen« bezeichnet). Zur Führung der 12 Spindeln sind Eisenklötze mit Gewinden zwischen Querverbindungen unten am Trägergestell angebracht (Tafel VIII, X, XI). Diese Kästen können nun in beliebiger Weise einzeln, oder in Längs-, bezw. Querreihen etc. durch Schrauben aufwärts und abwärts bewegt

