©Haus der Natur, Salzburg, download unter www.biologiezentrum.at

2. Diskussionsabend der Geologisch-Mineralogischen Arbeitsgruppe am 20. Feber 1951

Das Experiment in der Technischen Geologie

Vortrag von Dr. Ing. Leopold Müller

Die Anwendung der Naturwissenschaften in der Technik ist die einleuchtendste Bestätigung des in ihnen enthaltenen Wahrheitsgehaltes. Gleiches gilt auch für einzelne ihrer Methoden. Das Experiment, welches in die Fachgeologie nur wenig Eingang gefunden hat und von den meisten Fachgeologen sogar abgelehnt wird, hat sich für die Entwicklung der Technischen Geologie als äusserst fruchtbar erwiesen. Seine Anwendung und Auswertung hat die Möglichkeit gegeben, das Kernproblem der tektonischen Spannungen rechnerisch zu erfassen. Damit ist ein Schritt in der Richtung vermehrter naturwissenschaftlicher Exaktheit gelungen, welcher auch für die Fachgeologie grosse Bedeutung erlangen wird.

Die geologische Wissenschaft wurde ursprünglich als Forschung versteinerter Dokumente rein historisch angelegt und ist auch heute noch für viele Vertreter des Faches nichts als "Erd g e s c h i c h t e". Die tektonischen Theorien unserer Tage sind im allgemeinen auch heute noch von einer Art, dass wir uns selten ein mechanisch widerspruchsfreies Bild von den behaupteten Vorgängen (z.B.übertiefte Täler, Grosstransport von Decken, Gebirgsbildungstheorien) machen können.

Tektonik handelt von Körpern, Bewegungen und Kräften und ist somit im Grunde nichts anderes als angewandte Physik. Sie ist am besten geeignet, den Anschluss an die exakten Naturwissenschaften zu vollziehen. Solange dieser nicht gefunden ist, werden die zahllosen, nebeneinander bestehenden und einander widersprechenden Hypothesen und "Theorien" ebensowenig bewiesen wie widerlegt werden können - ein unbefriedigender Zustand, welcher in den exakten Naturwissenschaften, z.B. in der Physik undenkbar ist.

Erklären heisst: auf Bekanntes zurückführen. Das kann nur von Grund auf und in kleinen bescheidenen Schritten geschehen. Diese Differentialschritte der Erkenntnis werden in den anderen Naturwissenschaften vorwiegend im Experiment getan.

©Haus der Natur, Salzburg, download unter www.biologiezentrum.at

Der Einwand, dass das Experiment in der Geologie nicht der Natur entspräche, kann entkräftet werden: auch das physikalische Experiment entspricht im allgemeinen nicht der Natur, sondern vereinfacht die Abläufe durch Konstanthaltung mehrerer Veränderlicher.

Die ersten Anfänge geologischer Experimente reichen auf DAUBREES "Synthetische Studien zur Experimentalgeologie" (1880) zurück. RINNE (1903) wies auf die Experimente der Technischen Festigkeitslehre hin und SCHWINNER (1924) schöpfte Analogien aus dieser. Eine exakte Grundlage schuf STINI durch Entwicklung und systematische Verbreitung der Statistischen Kluftmessung.

Der Analogievergleich mit der Technischen Festigkeitslehre wurde Mode und richtete viel Schaden an. Erst CLOOS veröffentlichte 1928 naturwissenschaftlich einwandfreie "Experimente zur Inneren Tektonik", welche bahnbrechende Erkenntnisse über das gleichzeitige Brechen und Fliessen in der Erdkruste brachten. Sie gaben den entscheidenden Anschluss für die Technische Geologie. 1932 skizzierte der Berichterstatter die Methodik einer mechanisch aufgefassten Tektonik gleichsam als Spiegel-bild der Methodik des Statikers: der Statiker ermittelt auf Grund eines bekannten Kräfteplanes die im Bauwerk auftretenden Spannungen und betrachtet Verformungen und Bruchgefahr; umgekehrt beobachtet der Geologe Formänderungen und Bruchzustand am Geologischen Körper, schliesst von diesem auf den Spannungszustand, das Kräftespiel und die stattgefundenen Bewegungen zurück. 1948 wies der Berichterstatter auf die Unterschiede zwischen einer neuen "Geomechanik" und der Technischen Mechanik sowie auf die Besonderheiten des Geologischen Körpers hin.

Zum Rückschluss von den Brucherscheinungen (Klüften) und vom Gefügebild auf den verursachenden Spannungszustand fehlte lange Zeit die Kenntnis einer eindeutigen Korrelation zwischen dem Winkel der Bruchflächen und den Grössen der dreiachsigen Materialbeanspruchung, welche den Bruch erzeugt hat. Erst 1950 gelang TORRE die mathematische Lösung auf Grund der Hüllparabel von LEON als Grenzkurve der MOHR'schen Kreise. Mit seiner Gebirgsdruckgleichung ist es möglich, für jeden Ort eines Gebirges die maximalen Spannungen in demselben nach Grösse und Richtung zu berechnen, wenn die Winkel der Bruchflächen gemessen werden und die einachsige Zug- und Druckfestigkeit oder eine von beiden und der Bruchwinkel des einachsigen Versuches bekannt sind.

©Haus der Natur, Salzburg, download unter www.biologiezentrum.at

Nach dieser Methode wurde jüngst zum erstenmal anlässlich eines grossen Hohlraumbaues in Österreich die Grösse des Echten, d.h. tektonischen Gebirgsdruckes berechnet. Die Ziffern sind grösser als erwartet. Sie ermöglichen die exakte Berechnung von Tunnelmauerwerk erstmalig.

Eine weitere Stufe geologischer Experimente, ebenfalls von CLOOS angestellt, versucht eine massstabähnliche Wiedergabe grosser tektonischer Einheiten, z.B. Gräben, Beulen, Falten und Flexuren am Experimentiertisch. Dabei werden die Materialfestigkeiten etwa im gleichen Massstab verkleinert wie die geometrischen Grössen. Dadurch gelingt es, den Einfluss der Schwerkraft (Massenkraft) mitwirken zu lassen. Dies letztere macht den grossen Wert dieser Experimente aus, wenngleich ihre Ähnlichkeitsgesetze wegen des wichtigen aber komplizierten Einflusses der Zeit noch nicht gefunden sind. Die Übertragung gilt daher zunächst nur qualitativ.

Diese Experimente werden mit Vorteil auch als heuristische Experimente sowie als Modelle des Anschauungsunterrichtes verwendet.

Die Anwendung der aus dem Experimentieren gewonnenen Erkenntnisse auf die Technik an Tunnel und Talsperren fordert die Weiterentwicklung der Experimentalgeologie: Grossexperimente, welche darauf abzielen, die Eigenschaften des Gebirges als Werkstoff zu prüfen, sind bereits in Vorbereitung. Ihr wesentliches Ziel ist, ausser den spezifischen Festigkeits- und elastischen Eigenschaften auch die Vorgeschichte des Materiales, insbesondere die in ihm schlummernden elastischen Spannungen kennen zu lernen. Bei diesen Experimenten kommt es darauf an, dem Gebirge durch künstliche Eingriffe Spannungen aufzuzwingen und die Formänderungen zu beobachten, mit welchen es auf eine solche Belastung reagiert. Spannungsoptische Untersuchungen werden zur Auswertung dieser Grossversuche herangezogen.

Für die Fachgeologie, insbesondere die Tektonik fallen bei diesen Forschungsarbeiten zahlreiche Erkenntnisse und Ergebnisse ab. Wenngleich einerseits die mathematische Behandlung des Gegenstandes die Befassung des Fachgeologen mit diesen Dingen sehr erschwert, ist sie dennoch zu fordern, weil gerade eine Zusammenarbeit zwischen Ingenieurgeologen und

©Haus der Natur, Salzburg, download unter www.biologiezentrum.at

Fachgeologen sehr viel verspricht. Der Berichterstatter wollte deshalb nicht versäumen, zu einer solchen Mitarbeit einzuladen; zahllose Einzelfragen sind zur Bearbeitung, insbesondere auch von der fachgeologischen Seite her, seit der Ableitung der Gebirgsdruckgleichung von TORRE reif geworden.

D i s k u s s i o n
zum Vortrag Dr.Ing.L.Müller

Dr.Beschel fragt, ob die Plastizität im Experiment auf die Plastizität des Gebirges schliessen lässt.

Dr. Müller: Druckversuche an Gesteinen ergeben die Grenze der Druckfestigkeit; es ist möglich, im Diagramm die Kurven für bruchlose und Bruchverformung zu konstruieren.

Dr. Pippan: Wurden die hohen Temperaturen in den Experimenten berücksichtigt?

Dr. Müller: Hier liegen allerdings Fehlerquellen; doch wurden auch Versuche mit hoher Temperatur gemacht. Temperaturunterschiede führen zu den gleichen Unterschieden des Verhaltens wie Änderungen in der Belastungsgeschwindigkeit (Verringerung derselben wirkt wie Erhöhung der Temperatur).

Prof. Schlager: Kann man aus den Kluftrichtungen rechnerisch auf die erzeugenden Kräfte schliessen?

Dr. Müller: Bei Gleichartigkeit der Klüfte ist dies möglich.

H. Bittner: Wie hängen Schichtung und Klüftung zusammen?

Dr. Müller: Neben Klüften, die ungefähr normal auf die Schichtflächen stehen, gibt es auch schichtparallele Klüfte.

Dr. Beschel: Bei hoher Temperatur mit rein plastischer Verformung gibt es keine Brüche.

Dr. Müller: In diesem Fall muss mit der Gefügeanalyse Sanders gearbeitet werden.

Dr. Pippan: Können starre Massen wieder gefaltet werden?

Dr. Müller: Unter bestimmten Umständen ist dies möglich. Die Starrheit der Masse ist nichts Endgültiges; sie bezeichnet einen bestimmten Spannungszustand; wird dieser

©Haus der Natur, Salzburg, download unter www.biologiezentrum.at

herabgesetzt, dann besteht wieder Möglichkeit der Faltung. Klüfte können wieder völlig verschwinden. Es können also auch dort, wo man keine Klüfte mehr sieht, Brüche vorhanden gewesen sein. Die Verschiedenheit von Schollen- und Faltengebirgen ist nicht prinzipiell, ergibt sich nur aus der verschiedenen Beanspruchungsgeschwindigkeit. Zuerst kommt es zur elastischen Verformung, dann zur bruchlosen Verformung, dann zur Bruchverformung. Brüche in Faltengebirgen entstehen z.T. schon während des Faltungsvorganges.

Prof. Schlager: In der Ausbildung des praktischen Geologen wird auf die Geomechanik nicht verzichtet werden können; diese hat die geologischen Hypothesen zu überprüfen.

Dr. Müller: Die technische Mechanik reicht aber nicht aus, weil sie zu stark vereinfachende Voraussetzungen zugrundelegt. Die Bedingungen in der Natur sind ganz anders als in der Technik: dort handelt es sich um offene, hier um geschlossene Systeme.

Dr. Del-Negro: Wie sind die Arten der Experimente näher zu kennzeichnen und inwiefern schlägt die Bruchtheorie eine Brücke zwischen den Experimenten und der geologischen Wirklichkeit?

Dr. Müller: Das Grundlagenexperiment geht von der Materie und vom Kräfteplan aus. Dazu gehören Druckversuche am Marmorwürfel, die einmal schneller, einmal langsamer durchgeführt werden. Ein bestimmter Spannungszustand führt in einem bestimmten Material zum Bruch.

Das Anschauungsexperiment hat didaktischen Charakter, es vermittelt dem Beschauer in anschaulicher Form die Kenntnis der mechanischen Bedingungen.

Das heuristische Experiment geht aus erster intuitiver Annäherung an die Probleme hervor, mechanisch exakte Deutung fehlt noch.

Die Bruchtheorie fasst die Ergebnisse der Experimente zusammen. Eine Brücke zwischen ihnen und der geologischen Wirklichkeit ist sie nur bis zu einem gewissen Grade; so ist der Zeitfaktor ein Hindernis. Ein eigentliches Ähnlichkeitsgesetz existiert noch nicht. Experimente beweisen eben nur die Möglichkeit von Abläufen, nicht dass sie in der Natur in genau derselben Weise entstehen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft am Haus der Natur Salzburg

Jahr/Year: 1952

Band/Volume: GEO_A2

Autor(en)/Author(s): Müller Leopold

Artikel/Article: Das Experiment in der Technischen Geologie (2. Diskussionsabend der Geologisch-Mineralogischen Arbeitsgruppe am 20. Feber 1951). 11-15