

lich halten, könnte schließlich für ihre Entstehung genügen. B. EBERL<sup>4</sup> hat in umfassender Arbeit über das Lechgletschergebiet die Stellung der Drumlins im großen Zusammenhang der Akkumulationsräume sehr schön dargestellt.

Destruktive und konstruktive Theorien stellte man früher nebeneinander auf, um die Entstehung der Drumlins zu erklären. Heute darf man wohl sagen „Alle hatten sie in etwas recht!“ Denn Akkumulation und Erosion arbeiteten zusammen, um ihre schmiegsamen Formen hervorzubringen. Dies beweist kein anderer Hügel besser, wie Drumlin Höhenrain, bei welchem die Gletschererosion starre Schotter (notabene so gut wie ungestört) und plastische Grundmoräne in ein einheitlich wirkendes Proximalende zusammenschnitze, während an der Distalseite die Akkumulation nicht ausreichte, um die typische Drumlinform zu vollenden.

Es erhellt aus allem Vorhergehenden, daß von der Geologie aus allein die Entstehung der Drumlins nicht restlos aufgeklärt werden kann, wenn man bei diesem Problem das Werden ihrer charakteristischen Formen in den Vordergrund stellt. Nur eine Zusammenarbeit von Geologie und Physik wird diese eigenartige Formenwelt verständlich machen. Schon eine Behandlung des Problems vom Standpunkte der Statik würde wohl viel Neues ergeben und besonders die verschiedenen Spielarten, die noch der fertige Normaldrumlin in seiner Gestalt aufweist, befriedigend aufklären, sofern die für Rechnungen nötigen Konstanten irgendwie beigebracht werden können. Bei der großen äußeren Ähnlichkeit aber des Normaldrumlins mit dem — übrigens bislang nur experimentell gefundenen — „Stromlinienkörper“, der selbst allerdings die Form des geringsten Widerstandes bei gleichbleibendem Volumen darstellt, würde sich wohl auch einmal eine wissenschaftlich, nicht nur praktisch gerichtete Strömungsmechanik mit ihm erfolgreich befassen können.

Bei der Redaktion eingegangen am 4. November 1930.

### Scherungsbeben.

Von Robert Schwinner-Graz.

Mit 2 Abbildungen.

Die Auffassung der Erdbeben hat in der Geschichte der Geologie manche Wandlungen erlebt. Gegenüber der ältesten, aber auch heute noch recht populären Zusammenstellung „Erdbeben und Vulkane“ hatte sich am Ende des 19. Jahrhunderts, hauptsächlich durch die Autorität von ED. SUESS, die Anschauung durchgesetzt, daß vulkanische ebensowohl wie die echten Einsturzbeben „vergleichsweise seltene Vorkommnisse, welchen nur eine lokale Bedeutung zuerkannt

<sup>4</sup> B. Eberl: Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. Augsburg 1930.

werden kann“, vorstellen, daß dagegen die häufigsten, ausgedehntesten und großartigsten Beben tektonische seien<sup>1</sup>. Diese Einmütigkeit der geologischen Meinung hielt nicht lange an, es fand selbst bei Beben, die anderweit unbedenklich als tektonische oder Dislokationsbeben klassifiziert wurden, in geologischen Kreisen die Vorstellung des „Kryptovulkanischen Bebens“ viel Anklang<sup>2</sup>, und gerade in neuester Zeit ist eine analoge Vorstellung von höchst beachtenswerter geophysikalischer Seite<sup>3</sup> propagiert worden. Es ist zuzugeben, daß der gebräuchliche geologische Gedankengang nicht vollkommen schlüssig ist; auch wenn z. B. die Korrelation von Beben und Dislokation evident ist, kann man denken, daß beides nebeneinander verursacht wäre von einer tiefliegenden Intrusion<sup>4</sup>. Es wird daher gut sein, das Problem enger und schärfer zu fassen. Dafür scheinen nun Untersuchungen von hohem Wert, welche in Japan schon seit längerer Zeit im Gange sind, aber erst kürzlich dem deutschen Leser leicht zugänglich gemacht wurden<sup>5</sup>. Auf diese möchte ich die Aufmerksamkeit der Geologen lenken und, da sie sonst leicht übersehen werden könnten, über das Wesen derselben und ihre Beziehungen zur Geologie kurz einiges mitteilen.

Wenn um einen Punkt in der Erdkruste eine reine homogene Schiebung mit lotrechter Drehachse stattgefunden hat<sup>6</sup>, so haben wir als Ursache dieser Deformation eine Zugspannung, die wir als die X-Richtung, vereint mit einer darauf senkrechten Druckspannung von gleichem Absolutbetrage die wir als die Y-Richtung, beide in der Horizontalebene durch den Aufpunkt ansehen können (vgl. dazu Fig. 1, linke obere Hälfte). Äquivalent damit erscheint die Schubspannung in den Winkelhalbierenden zwischen X und Y dieselbe wieder vom gleichen Absolutbetrag wie Druck und Zug. Überwindet die Schubspannung die Materialfestigkeit im Ausgangspunkt längs eines Flächenelements der Ebene, welche auf der Horizontalebene in der Spur S—S' senkrecht steht (vgl. dazu Fig. 1, rechte untere Hälfte), so wird dieser Scherungsriß in den Zugquadranten X und —X einen Ruck vom Punkt des Abrisses weg und in den Druckquadranten Y und —Y einen Ruck zum Abrißpunkt hin bedeuten. Beides wird

<sup>1</sup> HOERNES, R., Erdbebenkunde. Leipzig 1893. S. 327.

<sup>2</sup> BRANCO, W., Wirkungen und Ursachen der Erdbeben. Berlin 1902. — LANG, R., Klassifikation und Periodizität der tektonischen und kryptovulkanischen Beben. N. Jb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XXXV. 1913. S. 776.

<sup>3</sup> CONRAD, V., Das Schwadorfer Beben vom 8. Oktober 1927. GERLAND's Beitr. z. Geophys. Bd. XX. 1928. S. 276.

<sup>4</sup> ROTHPLETZ, A., Über die Ursachen des kalifornischen Erdbebens 1906. Sitzungsber. Akad. München, math.-nat. Kl. 1910. 8. Abh.

<sup>5</sup> HASEGAWA, M., Die erste Bewegung bei einem Erdbeben. GERLAND's Beitr. z. Geophysik. Bd. 27. 1930. S. 102—126. (Dort weitere Literatur.)

<sup>6</sup> Wir sehen hier sowohl von einem allgemeinen hydrostatischen Druck als von einem einseitigen Druck aus der lotrechten Z-Richtung ab, weil beides nur den Maßstab unserer Darstellung im Horizontalschnitt, nicht aber deren Formverhältnisse ändern würde.

sich als elastische Welle nach außen fortpflanzen. Das führt in der Horizontalebene durch den Bebenherd (Hypozenrum), aber auch in gleicher Anordnung an der Erdoberfläche ums Epizentrum zu einer Verteilung der ersten Bewegung des Bebens (P), wie sie in Fig. 2 dargestellt ist<sup>7</sup>. Durch 2 Knotenlinien, welche der Scherspalte und der Normalen zu ihr im Aufrißpunkt entsprechen, wird die Fläche in 4 Quadranten geteilt. In den 2 gegenüberliegenden Quadranten, die den Druckquadranten der Fig. 1 entsprechen, ist in ihrer ganzen Ausdehnung die erste Bewegung Stoß in der Richtung gegen jenen Punkt des ersten Aufrisses (an der Oberfläche gegen das Epizentrum,

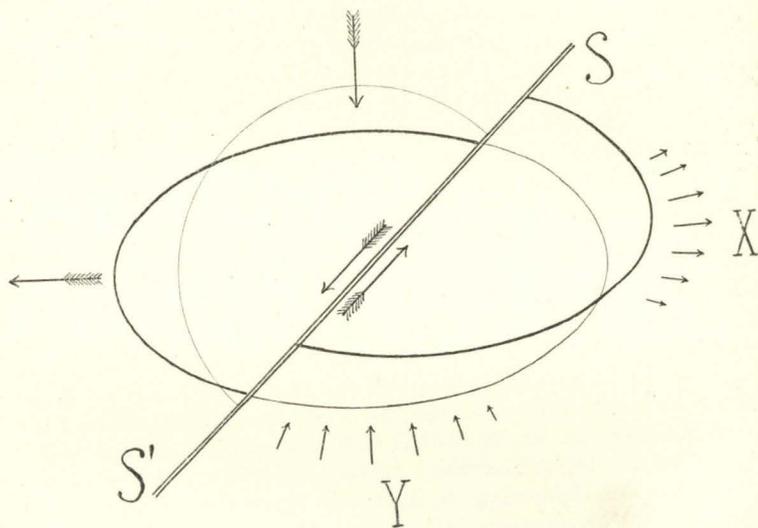


Fig. 1.

in den 2 anderen Quadranten Zug vom Epizentrum weg<sup>8</sup>. Das sind die Kennzeichen eines Scherungsbebens<sup>9</sup>.

In ganz ähnlicher Weise kann man ableiten, daß bei einem Einsturzbeben, hervorgerufen durch Einsturz eines Hohlraumes im Erdinnern, die erste Bewegung des Bebens rundum ein Stoß zum Epizentrum hin sein müsse; bei einem Explosionsbeben aber

<sup>7</sup> Für die Überlassung dieses Klischees sei dem Herausgeber von GERLAND's Beiträge zur Geophysik, Herrn Prof. CONRAD-Wien, bestens gedankt.

<sup>8</sup> Auf den ersten Transversalimpuls, S, den sog. 2. Erdbeben-vorläufer, gehe ich nicht weiter ein, er wäre nicht schwer abzuleiten, ist übrigens in Fig. 2 am inneren Kreis eingetragen. Für unsere Erläuterungen genügen die doch einfacher zu überschendenden Verhältnisse des ersten Longitudinalimpulses, P, des sog. 1. Erdbebenvorläufers, dessen Richtung und Ausmaß durch die Pfeile am äußeren Kreis der Fig. 2 dargestellt ist.

<sup>9</sup> HASEGAWA schreibt „Spaltungsbeben“, die Bezeichnung Scherungsbeben ist aber genauer.

das Gegenteil, ein Zug vom Epizentrum weg, in diesen beiden Fällen ohne besondere Transversalimpulse.

Die seismischen Beobachtungen haben diese Deduktionen bestätigt. Allerdings für Explosionsbeben hat sich — merkwürdigerweise selbst in Japan — ein einwandfreies Beispiel noch nicht finden lassen (H. S. 124). „Von den Einsturzbeben haben wir nur sehr wenig Beobachtungsmaterial“ (H. S. 123), immerhin fanden sich doch einige gute Beispiele für solche. „Die Mehrzahl der Fälle“ (H. S. 121) zeigte — trotz der Schwierigkeit, welche diese Feststellung manchmal hat — zweifellos die eben besprochene Quadranten-

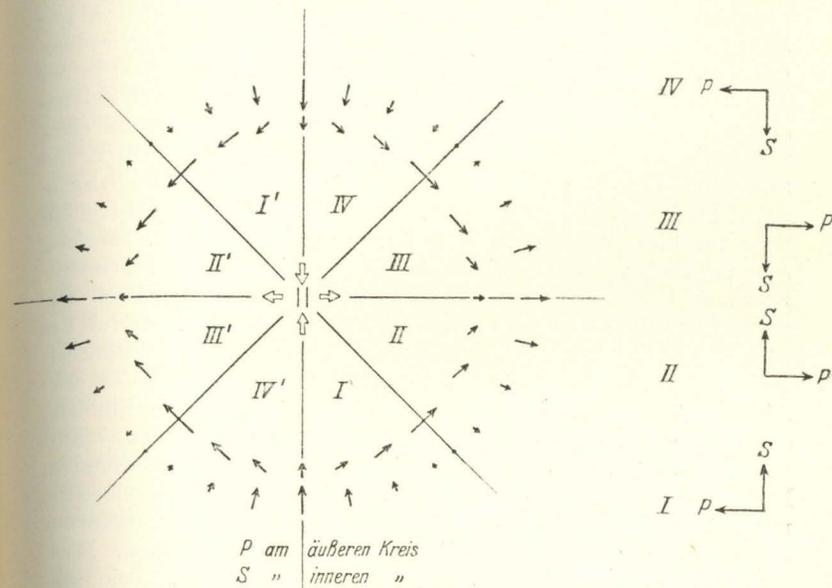


Fig. 2.

verteilung der ersten Bewegung des Bebens und bewies damit ihre Herkunft von einem Scherungsbruch. Das ist eine sehr schöne Illustration der von mir<sup>10</sup> aufgestellten These: „In den tektonischen Vorgängen kommen hauptsächlich die Scherungen zum Ausdruck.“

Kurz zusammengefaßt: Diese neuen Methoden gestatten eine unmittelbare kausale Verbindung von den an der Oberfläche beobachteten Bodenbewegungen zu den mechanischen Vorgängen im Erdbebenherd herzustellen. Es ist leicht einzusehen, daß die Diskussion über die Ursachen der Erdbeben damit um einen wesentlichen Schritt weiter gebracht wird, und daß manche der Weitläufigkeiten, welche in der älteren Literatur oft unnötig bemüht waren, künftig zu sparen sind. Aber die Bedeutung dieser Unter-

<sup>10</sup> Dies. CBl. Jg. 1924. S. 476.

suchung ist mit jenem allgemein-theoretischen Ergebnis durchaus nicht erschöpft.

Die obenstehenden Deduktionen beziehen sich ausdrücklich auf eine Schiebung rein in der Horizontalebene, mit lotrechter Drehachse. Für den Fall, daß die Drehachse nicht lotrecht wäre, ändert sich offenbar an den relativen Verhältnissen im betrachteten Spannungs- und Bewegungssystem selbst nichts. Aber bei geneigter Drehachse werden im allgemeinen die Knotenebenen, welche die Zug- von den Druckquadranten trennen, nicht mehr saiger stehen, und sie werden daher die Erdoberfläche nicht mehr in größten Kreisen schneiden, also müßten die Knotenlinien auf den Karten merklich gekrümmt erscheinen. Das ist auch wirklich beobachtet worden (Montana-Beben 28. Februar 1925), aber nur als Ausnahme; in der Mehrzahl der Fälle ist ein solcher Einfluß nicht zu merken, sie entsprechen mit der hier möglichen Genauigkeit dem Schema einer rein horizontalen Scherung längs einem saiger stehenden Blatt, und zwar zeigte sich das auch — wenigstens für die erste Bewegung — selbst bei Beben (Tango-Beben 7. März 1927), bei denen die schließliche resultierende relative Verschiebung an der Bebenverwerfung sehr merklich von der Horizontalen abwich. Das ist ein sehr merkwürdiges Ergebnis<sup>11</sup>, und es sollte nachgeprüft werden, ob das speziell nur für Japan als charakteristisch gelten kann, oder ob das auch in anderen Gegenden bezeichnend für die rezente Tektonik ist.

Der bedeutendste Vorteil, welchen der Geologe aus diesen seismischen Untersuchungen ziehen könnte, wäre eben der Einblick, den sie eröffnen in dem augenblicklichen Spannungszustand der Erdkruste und damit auch in die von diesem bestimmten, heute vor unseren Augen ablaufenden Gebirgsbewegungen, über die uns sonst nur die Geodäsie Auskunft geben kann, und diese nur mit großen Wartezeiten von jeweils mehreren Jahrzehnten. Diese rezenten Gebirgsbewegungen sind an und für sich ein sehr interessantes Objekt geologischer Untersuchungen, von besonderer Wichtigkeit wären sie aber — getreu dem Grundsatz der Aktualität — für die Tektonik überhaupt. Einerseits natürlich für die Einsicht in den Mechanismus der Gebirgsbildung überhaupt, aber es würde auch für viele lokaltektonische Arbeiten sehr förderlich sein, wenn man derart ermitteln würde, welche Rolle eine bestimmte große Dislokation heute spielt, Zug-, Druckquadrant, Scherspannung usw. Umgekehrt würde in vielen derartigen Fällen auch der Geologe den Seismiker unterstützen können, denn bei derart entschiedener Tektonik ist eine ungefähre Voraussage der Knotenlinie nach den Hauptdislokationen möglich, und das würde die seismischen Untersuchungen

<sup>11</sup> Wenn man sich dafür eine einfache geophysikalische Vorstellung machen will, so läge die von Schollen nahe, die auf dem gleichen Niveau nebeneinander flottieren. Solche würden, solange verhältnismäßig frei, sich relativ zueinander rein horizontal bewegen, erst eine engere Zusammendrückung könnte dann eine Scholle auf die andere hinaufschieben.

erleichtern, ja eventuell ihre zweckmäßige Anordnung erst möglich machen.

Zum Schluß soll nicht verschwiegen werden, daß eine allgemeine Verwertung der besprochenen neuen seismischen Methoden noch auf mancherlei große Schwierigkeiten stößt. Die Schwierigkeiten in Theorie und Praxis der Seismik — einiges darüber bereits bei HASEGAWA — können wir den Geophysikern überlassen; hier ist nur ein Übelstand zu erwähnen, der in der Natur unseres Bodens selbst begründet ist. Die Untersuchungen der Japaner betrafen starke Beben, bei denen natürlich alle Einzelheiten schön zu beobachten sind. Bei uns kommen — in den Gegenden, deren Erforschung uns gerade sehr wünschenswert wäre — so starke Beben — fast hätte ich gesagt: leider — nicht vor. Nun ist vorauszusehen, „daß bei kleinen Erdbeben die ersten P-Einsätze gewöhnlich schwer zu beobachten sind“ (HASEGAWA); ich habe mich auch davon selbst sofort überzeugen können, als ich versuchte, die Aufzeichnungen der Mürtaler Beben im besprochenen Sinne auszuwerten, welche ich dank der Freundlichkeit von Herrn TRAVNICEK bei der hiesigen Erdbebenwarte einsehen konnte. Vermutlich sind die Aufzeichnungen der kleinen autochthonen Beben auch sonst auf unseren Bebenwarten nicht besser, und damit wäre dann nichts zu machen. Wie wertvoll eine solche Untersuchung aber für die Kenntnis unseres heimischen Bodens sein könnte, glaube ich oben gezeigt zu haben, es steht wohl außer Frage, daß sie wünschenswert wäre. Daher sollte von geologischer Seite darauf hingewirkt werden, daß, wenn schon nicht alle, so doch einige, zu Hauptdislokationen und vorausichtlichen Bebenknotenlinien günstig gelegene Erdbebenstationen ihre Instrumente nach Vergrößerung und Laufgeschwindigkeit dieser Aufgabe anpassen möchten.

Bei der Redaktion eingegangen am 15. Oktober 1930.

### Ein neuer Anchitherium-Fund.

Von Dr. Rieth, Tübingen.

Ein Steinbruch obermiocäner Süßwassermolasse bei Gauingen (Tautschbuch-Zwiefalten) lieferte zu Beginn dieses Jahres zusammenhängende Skeletteile eines Rhinoceronten; aus demselben Aufschluß stammt auch der neue Unterkieferfund von *Anchitherium*.

SCHWARZ erwähnt diesen Aufschluß als sporadischen, über Weiß-Jura  $\epsilon$  liegenden Tertiärfleck am Büchle, südwestlich Gauingen und gibt für seinen Aufschluß, der mit dem Fundort nicht ganz zusammenfällt, ein Profil<sup>1</sup>. Der vorliegende Fund scheint aus der dritten Ab-

<sup>1</sup> F. SCHWARZ: Beschreibung des Tertiärs im Tautschbuch-Emerberg-Gebiet. Tübingen 1913.