

Besprechungen.

Fürst B. Galitzin: Vorlesungen über Seismometrie. Deutsche Bearbeitung unter Mitwirkung von CLARA REINFELDT herausgegeben von O. HECKER. VIII + 538 p. 162 Abbild. im Text. Leipzig und Berlin 1914.

Dieses Werk des in der Erdbebenforschung so sehr fruchtbar tätig gewesen und während des Krieges verstorbenen bekannten russischen Seismologen stellt die erste umfassende, auf streng wissenschaftlicher Grundlage ruhende Einführung in die physikalische Seite der modernen Erdbebenforschung dar. Ein genaues Studium, für welches letzthin nur die Kenntnis der Elemente der Differential- und Integralrechnung sowie der Grundgesetze der Mechanik vorausgesetzt werden, wird durch die Geschlossenheit der zuweilen recht verwickelten und langwierigen Ableitungen wesentlich erleichtert und überzeugt bald von der Zuverlässigkeit und Exaktheit der Darstellung, die auch den anderen Veröffentlichungen des Verfassers eigen ist. Der physikalisch orientierte Seismologe findet in dem Buche für die theoretische Grundlage seines Arbeitsgebietes, namentlich bezüglich der Wirkungsweise der Seismographen und der Auswertung der von ihnen gelieferten Seismogramme, einen sicheren Führer. Diesen Fragen ist mehr als die Hälfte des ganzen Umfanges gewidmet, wobei freilich für deutsche Leser der Umstand als weniger vorteilhaft empfunden werden dürfte, daß die ursprüngliche Anlage des Buches, welches aus Vorlesungen zur Ausbildung des wissenschaftlichen Personals der russischen Erdbebenstationen hervorgegangen ist, notwendig eine etwas einseitige Bevorzugung der in Rußland gebräuchlichen Apparate und Beobachtungsmethoden mit sich bringen und z. B. eine Hineinarbeitung der grundlegenden, prinzipielleren Untersuchungen von WIENER über die Theorie der automatischen Seismographen ausschließen mußte. O. HECKER war zwar bemüht, bei der deutschen Bearbeitung der Vorlesungen diese Einseitigkeit durch stärkere Mitberücksichtigung anderer Arbeiten zu mildern, doch konnte und sollte auch gewiß dadurch ihr Grundcharakter nicht geändert werden. Die geologische Seite der Erdbebenforschung ist nicht mitbehandelt worden; indessen weisen mehrere Abschnitte weit über das engere Gebiet der Seismometrie hinaus und sind von allgemeinem geophysikalischen und auch von geologischem Interesse.

Eine Einführung in den instrumentellen Teil der Seismologie gibt die in den §§ 2 und 3 des vierten Kapitels (Die Hauptprobleme der Seismometrie) enthaltene einfache Beleuchtung der Bestimmung der wahren Elemente der Bodenbewegung infolge eines Erdbebens (der linearen Verschiebungen und der Drehungen,

deren Vorhandensein nach makroseismischen Beobachtungen durchaus reell ist) und die beschreibende Erläuterung der mechanischen, optischen und galvanometrischen Registriermethode sowie vor allem der Konstruktionsprinzipien der wichtigsten Typen von Seismographen, und zwar der für die Registrierung der horizontalen Komponente der Bodenbewegung bestimmten Horizontalseismographen (des Vertikalpendels, des Horizontalpendels und des astatischen Pendelseismometers) wie der zur Anzeichnung der vertikalen Komponente dienenden Vertikalseismographen und der Apparate zur Messung schneller künstlicher Erschütterungen. Dann werden in überaus klarer und eingehender Darstellung die Theorie des Horizontalpendels und des Vertikalseismographen und einer Methode zur Untersuchung der Neigungen bei Fernbeben sowie der galvanometrischen und der mechanischen Registrierung abgehandelt und ausführlich auch die theoretischen Grundlagen für die Bestimmung der Konstanten eines Seismographen und die Auswertung von Seismogrammen aneinandergesetzt. Im Gegensatz zu der bereits oben erwähnten, von einem allgemeineren Gesichtspunkt aus und daher grundsätzlicher durchgeführten WIECHERT'schen Arbeit über die Theorie der Seismographen sind hier also die Horizontalseismographen von den Vertikalseismographen getrennt und als Vertreter dieser beiden Klassen nur das Horizontalpendel, bzw. nur der russische Typus berücksichtigt worden.

Eine kurze und elementare theoretische Behandlung der Untersuchungen über die Schwankungen der Lotlinie infolge der Anziehung von Sonne und Mond beansprucht hinsichtlich ihres Zieles einer Klärung der Elastizitätsverhältnisse des Erdkörpers als Ganzes schon weitergehendes Interesse. Hier wird in einfacher Weise die Formel $\varepsilon = \frac{3}{2} m \cdot \sin^3 p \sin 2z$ abgeleitet, welche den Winkel ε zwischen der abgelenkten und der normalen Richtung der Lotlinie mit der Masse m des anziehenden Himmelskörpers (ausgedrückt in Erdmassen als Einheit), seiner Horizontalparallaxe p und seiner geozentrischen Zenitdistanz z verbindet, und weiter gezeigt, wie dieser Winkel ε mit dem Horizontalpendel gemessen werden kann.

Auch die §§ 1 bis 3 des zehnten Kapitels (Auswertung von Seismogrammen), die sich mit der Bestimmung des Azimuts des Epizentrums, des Emergenzwinkels und der Schwingungsebene der Bodenteilchen in den transversalen Wellen der zweiten Vorphase befassen, sind allgemeiner wissenschaftlich beachtenswert, handelt es sich doch hier um Probleme, die auf das engste mit dem Charakter und der Art der Ausbreitung der elastischen Erdbebenwellen durch den Erdkörper verknüpft sind und in ihrer eingehenderen Verfolgung auch auf einen Zusammenhang mit der geologischen Beschaffenheit der oberflächlichen Erdschichten hinweisen. Diese Arbeit im einzelnen ist jedoch erst noch zu leisten. Die Ermittlung des Azimuts des

Epizentrums eines Bebens aus seinen Diagrammen an einer Station führt weiter zu den freilich nur kurz und nicht vollständig behandelten mikroseismischen Methoden der rechnerischen oder graphischen Lokalisierung eines Epizentrums oder Zuhilfenahme direkter makroseismischer Nachrichten, deren Wichtigkeit gerade vom geologischen Standpunkt aus nicht zu unterschätzen ist, da sie erst die Lücken in unserer Kenntnis von der Seismizität der einzelnen Teile unserer Erde, und zwar gerade der unbewohnten Gegenden und der Meeresgebiete, auszufüllen gestatten.

Von allgemeinerer und letzthin auch besonders geologischer Bedeutung sind dann aber namentlich die Abschnitte, die sich mit der Fortpflanzung elastischer Schwingungen und den seismischen Strahlen befassen. Da im ersten Kapitel ausführlicher auch die Grundsätze der Elastizitätstheorie dargelegt werden, so findet sich hier eine völlig in sich geschlossene, lückenlose Behandlung dieser für die Erforschung der Konstitution des Erdkörpers so wichtigen Probleme. Wer sich über den Charakter der longitudinalen und transversalen Schwingungen und über die seismischen Oberflächenwellen eingehender unterrichten will, findet hier vortreffliche Belehrung. Das Ziel ist, die Beziehungen zwischen ihren Fortpflanzungsgeschwindigkeiten und den Elastizitätskoeffizienten des Mediums abzuleiten, welche schließlich anzuwenden sind, um die Elastizitätsverhältnisse im Innern unserer Erde anzuhellen. Sind V_1 und V_2 die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen und transversalen Wellen, λ und μ die LAME'schen Elastizitätskonstanten, wobei μ zugleich der Modul der Gestaltelastizität (Rieghheit) ist, ε der Modul der Längenelastizität, σ der Modul der Querkontraktion (Poisson'sche Konstante), k der Modul der Volumenelastizität, also $1/k$ die Kompressibilität, und ρ die Dichte des Mediums, so bestehen die folgenden Zusammenhänge:

$$V_1 = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho} \frac{1 - \sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}};$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho} \frac{1}{2(1 + \sigma)}}; \quad V_1 \cdot V_2 = \sqrt{2 \frac{1 - \sigma}{1 - 2\sigma}}; \quad \sigma = \frac{1}{2} \frac{V_1^2 - 2V_2^2}{V_1^2 - V_2^2};$$

$$\lambda + 2\mu = \rho V_1^2; \quad \mu = \rho V_2^2; \quad k = \lambda + \frac{2}{3}\mu = \rho (V_1^2 - \frac{4}{3}V_2^2).$$

Wird in erster Annäherung an die Wirklichkeit $\sigma = \frac{1}{2}$ gesetzt, so gilt insbesondere noch für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit V der Oberflächenwellen die einfache Beziehung

$$V = 0,9194 V_2, \quad \text{und es ist} \quad V_2 = 0,5774 V_1.$$

Alle drei Geschwindigkeiten müssen in den oberen Erdpartien natürlich stark von der geologischen Zusammensetzung der Schichten abhängen.

Dem Endzweck einer Klarlegung der elastischen Beschaffenheit unseres Planeten dienen dann namentlich aber noch die eingehenden analytischen Ausführungen über den Weg, den die Wellen der ersten und zweiten Vorphase eines Seismogramms, im wesentlichen die longitudinalen und transversalen Wellen, bei ihrer Ausbreitung durch den Erdkörper nehmen, sowie über die Ermittlung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser beiden Wellenarten längs ihrer Wege. Diese Überlegungen stützen sich auf die Laufzeitkurve der beiden Vorläufer und auf die Beziehung, welche sie zwischen dem Emergenzwinkel e des seismischen Strahls und den zugehörigen Werten der Laufzeit T und der Epizentraldistanz l in der Form $\cos e = v_0 \frac{dT}{dl}$ herstellt (v_0 , bei Vernachlässigung der Herdtiefe gleich $\left(\frac{dl}{dT}\right)_{l=0}$, bedeutet die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der betrachteten Wellenart nächst der Erdoberfläche). Sie gehen zur Hauptsache auf BENDORF und WIECHERT zurück und finden hier eine willkommene zusammenfassende Bearbeitung. Auch das von WIECHERT angegebene einfache Verfahren der zeichnerischen Konstruktion der Trajektorien der seismischen Strahlen hat hier Platz gefunden, und im Anschluß daran sind in knapper Übersicht die Göttinger Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Konstitution des Erdkörpers wiedergegeben, wobei ganz kurz auch noch die jüngsten Ergebnisse auf Grund einer Untersuchung der Amplitudenverhältnisse, einer von ZOEPPRITZ erdachten Methode, erwähnt werden.

Diese letzten, vor dem Kriege zum Abschluß gekommenen, von GEIGER und GUTENBERG ausgeführten Arbeiten (Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl. 1912 u. 1914) modifizieren die bisherige WIECHERT'sche Annahme einer zweiseitigen Erde (Mantel und Kern) ein wenig und gestalten das Bild, welches man sich über die Geschwindigkeitsverteilung der Erdbebenwellen im Erdinnern bis auf weiteres zu machen hat, folgendermaßen:

Es ist ein Erdkern von rund 3500 km Radius, ein Mantel von rund 1200 km Dicke und eine rund 1700 km mächtige Zwischenschicht anzunehmen. Beim Übergang vom Mantel zur Zwischenschicht, und außerdem noch an zwei Stellen innerhalb dieser letzteren, in etwa 1700 km und 2450 km Tiefe, liegt indessen nur eine Ungleichmäßigkeit, kein Sprung in der Änderung der Konstitution vor. Die Geschwindigkeit der longitudinalen (transversalen) Wellen wächst zunächst von 7,17 (4,01) km sec⁻¹ an der Erdoberfläche verhältnismäßig rasch auf 11,80 (6,59) km sec⁻¹ an der unteren Mantelfläche in 1200 km Tiefe, sodann wesentlich langsamer auf 12,22 (6,86) km sec⁻¹ in 1700 km Tiefe und auf 13,29 (7,32) km sec⁻¹ in 2450 km Tiefe, behält nun bis zum Kern in 2900 km Tiefe den konstanten, etwas niedrigeren Wert von 13,15 (7,20) km sec⁻¹, sinkt aber an der Kernoberfläche plötzlich

auf 8,50 (4,72) km sec⁻¹, nm bis zum Erdmittelpunkt langsam wieder bis auf 11,10 (6,15) km sec⁻¹ anzuwachsen. Dabei ist für den Kern, da hierfür Beobachtungen über transversale Wellen nicht herangezogen worden waren, die vorläufige Annahme $V_2 = \text{etwa } 0,55 V_1$ (nach obiger Bezeichnungsweise) gemacht worden. Nach einer während des Krieges erschienenen Arbeit von KLUSSMANN (GERLAND's Beiträge-zur Geophysik. 14, 1. 1915) kann man dieses Bild dann noch dahin vervollständigen, daß bei Annahme einer konstanten Dichte von 3,4 für den 1200 km mächtigen Gesteinsmantel die vielleicht im wesentlichen aus Eisenerzen bestehende Zwischenschicht eine mittlere Dichte von 6,0 und der vermutlich zur Hauptsache aus Nickel, Kobalt, Eisen zusammengesetzte Erdkern eine solche von 9,2 besitzt.

Eine kurze theoretische Betrachtung ist auch der Berechnung der Herdtiefe eines Bebens gewidmet, einem Problem, das für eine richtige genetische Erfassung der seismischen Vorgänge von hervorragender Wichtigkeit ist. Zu seiner exakten Lösung ist eine erhöhte Schärfe der Beobachtungen erforderlich, u. a. eine bis auf 0,1—0,2 Sekunden genaue Kenntnis der Laufzeiten der seismischen Wellen an herdnahen Stationen.

Endlich mag noch besonders der § 1 des vierten Kapitels hervorgehoben werden, der in referierender und allgemeiner verständlichen Weise noch andere weniger geklärte seismische oder doch nahe verwandte Erscheinungen überblickt. Hier wird auf die WIECHERT'sche Hypothese des Vorhandenseins einer Magmaschicht in etwa 30 km Tiefe aufmerksam gemacht, zu der dieser Autor durch eine Analyse der Hauptphase eines Fernbebendiagramms geführt wurde, ferner auf die das Bebenbild vielfach so sehr komplizierenden Reflexionen und Brechungen der seismischen Wellen an der Erdoberfläche, bzw. den inneren Unstetigkeitsflächen, auf die seismische Dispersion und auf die mit meteorologischen Vorgängen zusammenhängende mikroseismische Unruhe. Der Hinweis darauf, daß unterirdische Massenverlagerungen in Verbindung mit einem Erdbeben durch exakte Schwerkraftmessungen mittels der Drehwage von EÖRVÖS festgestellt werden können, wie auf das Problem der Vorhersage von Erdbeben, dem v. KÖVESLIGETHY durch seine Arbeit über die seismische Hysteresis eine ernste wissenschaftliche Grundlage gegeben hat, eröffnet schließlich noch einen weiteren anspornenden Ausblick in die Zukunft seismologischer Forschung.

E. Tams.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [1921](#)

Autor(en)/Author(s): Tams E.

Artikel/Article: [Besprechungen. 572-576](#)