

juste. Par exemple, le cristal tricrucial possède 3 «croix» formées par l'intersection perpendiculaire des plans de réflexion. Les symboles de SCHOENFLIES sont inscrits entre parenthèses, les égalités indiquent la possibilité d'un choix préférable de l'axe principal. S. JASKOWSKI

Séminaire mathématique de l'Université de Toruń, Pologne, le 6 novembre 1948.

Summary

The author applies the theory of the normal divisor of groups to explain a known division of crystal classes with a main-axis and to extend this division on the cubic system of crystals. The scheme of a new terminology and systematization for crystal classes is given under the form of the table.

Dispersion longitudinaler Erdbebenwellen

Wie die Ultraschallforschung gezeigt hat¹ sind drei Ursachen für die Absorption elastischer Wellen maßgebend: 1. innere Reibung, 2. Wärmeleitung und 3. innermolekulare Schwingungen. Mit jeder Absorption ist ursächlich eine Dispersion verbunden. Unter normalen Bedingungen tritt sie durch Wärmeleitung gegenüber der übrigen Absorption zurück und eine Abschätzung zeigt, daß sie, bei dem physikalischen Zustand des Erdmantels, durch Wärmeleitung einen wesentlichen Beitrag liefern muß. Die Absorption durch Wärmeleitung und Reibung führt stets zu anomaler Dispersion, d. h. die kürzesten Wellen haben die größte Geschwindigkeit². Absorption und Dispersion durch innermolekulare Schwingungen tritt, wie H. O. KNESER³ gezeigt hat, insbesondere ein, wenn die Relaxationszeit in der gleichen Größenordnung wie die Periode der Schallwelle ist. Die Relaxationszeit ergibt sich zu⁴

$$\tau = \frac{4\pi\eta r^3}{kT} \quad (1)$$

wobei r der Molekülradius, η die Zähigkeit und T die absolute Temperatur ist. Eine Überschlagsrechnung zeigt, daß maximale Absorption der longitudinalen Raumwellen in einem Gebiet eintreten muß, in dem die Viskosität etwa 10^{12} Poise beträgt. Geht man von der von MAXWELL⁵ aufgestellten Beziehung

$$\eta = \tau \mu \quad (\mu = \text{Torsionsmodul}) \quad (2)$$

aus, so kommt man zu dem gleichen Ergebnis.

Ist die Periode der Welle in der gleichen Größenordnung wie die Relaxationszeit, so können sich, wie W. KUHN und A. RITTMANN⁶ gezeigt haben, keine Transversalwellen ausbilden. Gleichzeitig ergibt das Absinken der Relaxationszeit in die Größenordnung der Periode der Welle eine Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Wellen in 2900 km Tiefe. Hierzu ist noch zu bemerken, daß, da es sich um eine Relaxationserscheinung handelt, dieser Übergang (nach derselben Überlegung) *allmählich* stattfinden muß, und daß daher der Radius des «Erdkerns» von der Periode der Wellen abhängen muß.

¹ Vgl. die Zusammenfassung von BERGMANN, *Der Ultraschall* (VDI-Verlag 1943).

² Vgl. GUTENBERG, *Handbuch der Geophysik*, Band 4, S. 23 (1932).

³ H. O. KNESER, *Z. techn. Phys.* 16, 213 (1935); *Ann. Phys.* (5) 32, 277 (1938).

⁴ Siehe z. B.: P. DEBYE, *Polare Molekeln* (Hirzel-Verlag (1929),

⁵ E. MAXWELL, *Phil. Trans. Roy. Soc. London* 49, 157 (1867).

⁶ W. KUHN und A. RITTMANN, *Geol. Rdsch.* 32, 215 (1941). – W. KUHN, *Naturw.* 30, 689 (1942); *Exper.* 2, 391 (1946); 4, 23 (1948).

Eine Klärung dieser Fragen ist durch Dispersionsmessungen möglich. Dispersionsmessungen liegen bisher jedoch nicht vor. Es wurde deshalb versucht, aus den Registrierungen des Wiechert-Seismographen des hiesigen geophysikalischen Observatoriums festzustellen, ob Dispersion vorhanden ist und ob eine quantitative Auswertung möglich ist.

Nimmt man an, daß am Bebenherd nur ein Impuls auftritt, den man als Überlagerung verschiedener Wellen auffassen kann, so werden sich die einzelnen Wellen mit verschiedener Geschwindigkeit längs verschiedener Bahnen ausbreiten. Letzteres macht eine *unmittelbare* Auswertung der Dispersionsmessungen unmöglich. Es ist dazu erforderlich, für die verschiedenen Frequenzen Laufzeitkurven aufzustellen und daraus die Geschwindigkeit für die verschiedenen Tiefen zu berechnen. Dies setzt, da nur ein sehr kleiner Teil der Registrierungen für diese Messungen auswertbar ist, ein umfangreiches Material voraus, wie es hier nicht zur Verfügung steht.

Bei den ausgewerteten Registrierungen ergab sich bei Beben mit einer Herdentfernung zwischen 4000 und 8500 km und über 10000 km, wie wegen der Absorption und Dispersion auf Grund der Zähigkeit und Wärmeleitung zu erwarten ist, anomale Dispersion. Der Unterschied der Laufzeiten der Wellen mit Perioden zwischen 0,5 und 3 sec beträgt bei Entfernung bis 8000 km bis 15 sec. Bei Entfernungen von etwa 16000 km steigt diese Differenz bis auf 60 sec an. Bei Entfernungen zwischen 8500 und 10000 km tritt bei den kürzeren Wellen normale Dispersion ein; es treffen zunächst Wellen mit einer Periode von 1–2 sec ein, während die kürzesten Wellen erst etwa 5–10 sec später eintreffen. Dieses Verhalten kann man qualitativ auf Grund der von W. KUHN und A. RITTMANN entwickelten Vorstellungen deuten, wenn man berücksichtigt, daß die kürzesten Wellen tiefer eindringen und in Gebiete gelangen, in denen die Relaxationszeit gleich der Periode der Welle ist. In diesem Gebiet ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit kleiner, die Laufzeit der Welle wird damit größer. Es ergibt sich noch eine grundlegende Konsequenz. Die Berechnung der bisherigen Laufzeitkurven geht davon aus, daß keine Dispersion vorhanden ist, bzw. daß die zuerst eintreffenden Wellen stets die gleichen sind. Dies ist, wie die Messungen zeigen, offenbar nicht der Fall. Den Laufzeitkurven kommt im Entfernungsbereich von 8500–10000 km keine Realität zu. Damit ergibt sich natürlich auch eine andere Geschwindigkeitsverteilung der Wellen im Erdinnern, besonders in der wegen der Unstetigkeitsfläche interessierenden Tiefe von 2900 km. Eine quantitative Klärung dieser Fragen erfordert für die verschiedenen Frequenzen die Aufstellung von Laufzeitkurven als auch eine Berechnung der Geschwindigkeitsverteilung. K. ALTENBURG

Physikalisches Institut der Universität Leipzig, den 10. Oktober 1948.

Summary

The absorption of longitudinal spatial waves caused by friction, heat conduction, and inner-molecular oscillations leads to the assumption of an abnormal dispersion of these waves. This is confirmed by own informative measurements of waves corresponding to a focal distance of up to 8,500 km and over 10,000 km. Waves corresponding to a focal distance of 8,500 to 1,000 km, which have passed close by the "earth core", are dispersed normally. This can be understood qualitatively from KUHN's hypothesis. It results that the travelling time curves are not probably related to reality.