

Was erzählen uns die Erdbebenmesser von den Erdbeben.

Von A. Belar.

Wie zeichnen sich die Nahbeben auf den Instrumenten ein?

Nahbeben nennen wir Aufzeichnungen von Erschütterungen, deren Herde innerhalb einer Zone von ungefähr 100 bis 1000 km vom Beobachtungsorte entfernt liegen. Hiezu muß bemerkt werden, daß die Wahl des Wortes «Nahbeben» deshalb auch für Entfernungen bis 1000 km gewählt wurde, weil ja durch die instrumentellen seismischen Beobachtungen Erdbebenereignisse der ganzen Welt von den Apparaten wiedergegeben werden. Da der Antipodenpunkt für die Beobachtung der Warte die weiteste Entfernung darstellt, dieselbe aber 20.000 km beträgt, so dürfte von diesem Gesichtspunkte aus die Bezeichnung «Nahbeben» für die Distanz bis 1000 km wohl zutreffend sein. Eine weitere Unterscheidung der Nahbeben mit Bezug auf die Herddistanzen wäre empfehlenswert, indem man die Nahbeben mit einer Herddistanz bis 500 km als Nahbeben I. Ordnung, über 500 bis 1000 km als Nahbeben II. Ordnung bezeichnen würde, eben mit Rücksicht auf den Umstand, daß die Nahbeben I. Ordnung häufig noch, wenn die Erschütterung an der primären Schütterzone sehr stark war, auch von Menschen wahrgenommen werden, hingegen die Nahbeben II. Ordnung fast ausschließlich nur von den Instrumenten aufgezeichnet werden.

Auf der Tafel II ist eine Bilderreihe enthalten, die nach Originaldiagrammen angefertigt und, um die charakteristischen Stoßgruppen besser hervortreten zu lassen, stark schematisiert wurde. Zunächst möge die Tafel näher erläutert werden. Die primäre Schütterzone ist durch eine dichtere Schraffierung von der sekundären hervorgehoben. Die Zeitlinie auf dieser Tafel ist gegen die der Ortsbeben* auf den fünften Teil reduziert worden, so daß die Minute bei den Ortsbeben an der Zeitlinie ungefähr fünfmal länger ist als bei den Nahbeben, um bei den ersteren die Einzelheiten besser zum Ausdrucke zu bringen. Für die Wahl dieser Minutenlänge war zunächst das Bestreben maßgebend, die einzelnen Diagramme in jener Größe wiederzugeben, wie sie von den Apparaten, welche die Bodenbewegung hundertfach vergrößern, aufgezeichnet wurden. Um das Verhältnis der Aufzeichnungen auf der primären Schütterzone und jener der Nah-

* Siehe «Die Erdbebenwarte», Jahrg. VI, Tafel 1.



IN z 030002962

beben vor Augen zu führen, wurde über der primären Schütterzone zunächst das Bildchen, welches das Ortsbeben in dieser Zone auf einem zehnfach vergrößernden Apparate ergeben hätte, eingezeichnet. Die übrigen Bebenbilder rühren, wie schon bemerkt wurde, von dem hundertfach vergrößernden Apparate her.

Die Bilder der Nahbebenaufzeichnungen werden vor allem dadurch gekennzeichnet, daß sie alle von einer kurzperiodischen Zitterbewegung eingeleitet werden, welche mit der Zunahme der Entfernung, gleichzeitig an Stärke des Ausschlages einbüßend, immer länger andauert. In dem Bilde von 100 km Herddistanz folgt nach einigen Sekunden der einleitenden Zitterbewegung eine stärkere, auch noch kurzperiodische Zitterbewegung, die ziemlich rasch in den Hauptausschlag übergeht. Die kurzperiodische Bewegung erscheint, wie in den vorhergehenden Bildern der Ortsbeben, durch vollständiges Zusammenfließen der Linien zum Ausdrucke gebracht, also auf der Tafel schwarz, im Originale auf den Rußdiagrammen weiß. Dem Hauptausschlage folgen wieder die bekannten Stoßgruppen, wie sie bezüglich der Aufzeichnungen der primären und sekundären Schütterzone schon erläutert wurden. Der Hauptteil des Diagrammes, der hier beschrieben wurde, spielt sich innerhalb einer Minute ab, doch tritt nach der ersten Minute noch nicht vollständige Ruhe am Instrumente ein, sondern es tauchen in etwas größeren Intervallen noch eine Anzahl kleinerer Stoßgruppen, die fast regelmäßig schwächer werden, auf. Wenn man die Bilder von Herden,* die über 200 km vom Orte der Beobachtung entfernt sind, betrachtet, so erscheint zunächst das Gesamtbild der Bebenaufzeichnung in die Länge gezogen, die einzelnen Teile des Diagrammes treten auseinander, insbesondere der zweite stärkere Teil der kurzperiodischen Bewegung, der beim Hunderter mit dem Maximum fast ganz verschmilzt, während er in dem Zweihundert-Diagramm bereits als gesonderte Bewegungsgruppe auftritt. Bei größerer Herddistanz wird diese Streckung des Diagrammes immer augenfälliger und am besten durch folgendes Experiment veranschaulicht: Wenn man z. B. den Zweihunderter auf ein Gummiband aufzeichnet und dieses allmählich in die Länge zieht, wird man Bilder erhalten, die ungefähr den Diagrammen auf weitere Herddistanzen je nach der Stärke der Dehnung entsprechen würden.

Zur Erläuterung des Bebenbildes und seiner Entstehung möge noch folgendes dienen: Die einleitende Zitterbewegung, die alle Nahbeben auszeichnet, wird von den Stoßimpulsen ausgelöst, welche sich vom Herde F direkt nach allen Punkten der Erdoberfläche als longitudinale Wellen fortpflanzen. Die zweite kurzperiodische Bewegungsreihe rührt von den Kompressionswellen her, welche sich an oder nahe der Erdoberfläche fortgepflanzt

* In der weiteren Folge werden bei den Angaben der Herdentfernungen die Bezeichnungen Herddistanz und Kilometer weggelassen werden, z. B.: Herddistanz 200 km = Zweihunderter, Herddistanz 3000 km = Dreitausender usw.

hatten. Die Hauptgruppe mit dem Hauptausschlage umfaßt die Stoßgruppen, welche als transversale Wellen von der Hauptschütterzone ausgegangen sind. Angenommen, daß diese vom Verfasser aufgestellte Theorie der Fortpflanzung der Erdwellen richtig ist, so müßte bei der instrumentellen Aufzeichnung eines Nahbebens zunächst der erste Vorläufer sieben allmählich abnehmende Stoßgruppen enthalten. Das sind jene sieben Stoßgruppen, von welchen beim Ortsbeben ausgegangen wurde. Eine Wiederholung dieser Stoßgruppenzahl müßte in den zweiten Vorläufern, ferner in der Hauptgruppe und in den Nachläufern nochmals auftreten.

In sehr vielen Diagrammbildern, die dem Verfasser zum Studium gedient haben, sind nach den Aufzeichnungen des Vicentini-Apparates diese vier Teile jedes Nahbebendiagrammbildes leicht zu erkennen. Daß diese vier Hauptteile, so wie sie im Schema Tafel I dargestellt sind, nicht bei jedem Diagramm zum Ausdruck kommen, wird beim Vicentini-Apparat wohl auf den Umstand zurückzuführen sein, daß den Diagrammbildern durch die Zerlegung in zwei Komponenten ein Eintrag geschieht, was zur Folge hat, daß bald die eine, bald die andere Komponente die regelmäßigen Stoßgruppen einzeichnet, je nachdem eben die Richtung in der Fortpflanzung der Wellen eine entsprechende Änderung erfährt. Auch noch ein anderes Moment ist zu berücksichtigen, um das Bild eines Nahbebens richtig deuten zu können.

Die Theorie der mechanischen Bewegungen, wie wir sie von der Entstehung des Ortsbebens gegeben haben, würde zunächst nach der Ferne hin ein Diagramm ergeben, wie es als ideales in der Tafel I dargestellt ist. Dabei wurde aber vollends der Umstand vernachlässigt, daß die Stoßimpulse, die ihren Weg teils durch die Erde nehmen, teils sich auf der Erdoberfläche fortbewegen, in den Beobachtungsorten zu verschiedenen Zeiten eintreffen werden, je nach der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der verschiedenartigen Wellensysteme. Es ist klar, daß eine Reihe von Interferenzen und Reflexionen auftreten werden, bei welchen die elastischen Wellen bald verstärkt, bald abgeschwächt werden. Berücksichtigt man ferner noch den Umstand, daß der Erdbebenherd in Wirklichkeit nicht punktförmig wie bei den theoretischen Annahmen, sondern ein größeres Schollenstück der Erde ist, so muß man sich gegenwärtig halten, daß auf dem ganzen Schüttergebiete (siehe Tafel II [I, II, II']) Stoßimpulse vom Herde zur Erdoberfläche ausstrahlen, und zwar je entfernter von der Hauptschütterzone, desto schwächer. Jetzt wird man es verständlich finden, daß die Instrumente in einiger Entfernung vom Herde zuerst die Wirkungen der Erdstöße von den der Beobachtungsstation nächst gelegenen Gebieten II, also die Ausläufer der schwächeren Stoßimpulse zunächst, darauf die immer mehr an Stärke zunehmenden Schütterwellen vom Hauptherde I und endlich von der entfernteren sekundären Schütterzone II' II die neuerlich schwächer werdenden Wellenbewegungen empfangen werden. Nach dem Vorausgeschickten wäre

zu erwarten, daß jede einzelne Stoßgruppe in allen vier Hauptteilen des Diagrammes durch ein allmähliches Anschwellen und Abschwächen sich auszeichnen wird, was man in der Tat an den gut ausgeprägten Diagrammbildern auch verfolgen kann. Wenn diese Regelmäßigkeit jederzeit nicht zum Ausdrucke kommt, so tragen daran Schuld, wie schon oben betont wurde, die Richtungsänderung der Wellensysteme sowie die zahllosen Interferenzen, welche bei Nahbeben die knapp aufeinander folgenden Wellensysteme der Oberflächen- und Erdwellen erleiden müssen. Bei Nahbeben sind die vier Hauptgruppen noch ineinandergeschachtelt, der Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der verschiedenen Wellensysteme ist viel zu gering, um die Differenzierung möglich zu machen, erst bei den Fernbebendiagrammen kommt eine vollständige Trennung der einzelnen Diagrammteile gut zum Ausdrucke, aber die vier Hauptgruppen können vom «Hunderter» angefangen, wenigstens in ihrer Anlage, schon erkannt werden.

Nach den instrumentellen Aufzeichnungen charakterisieren eine Nahbebenaufzeichnung folgende Merkmale:

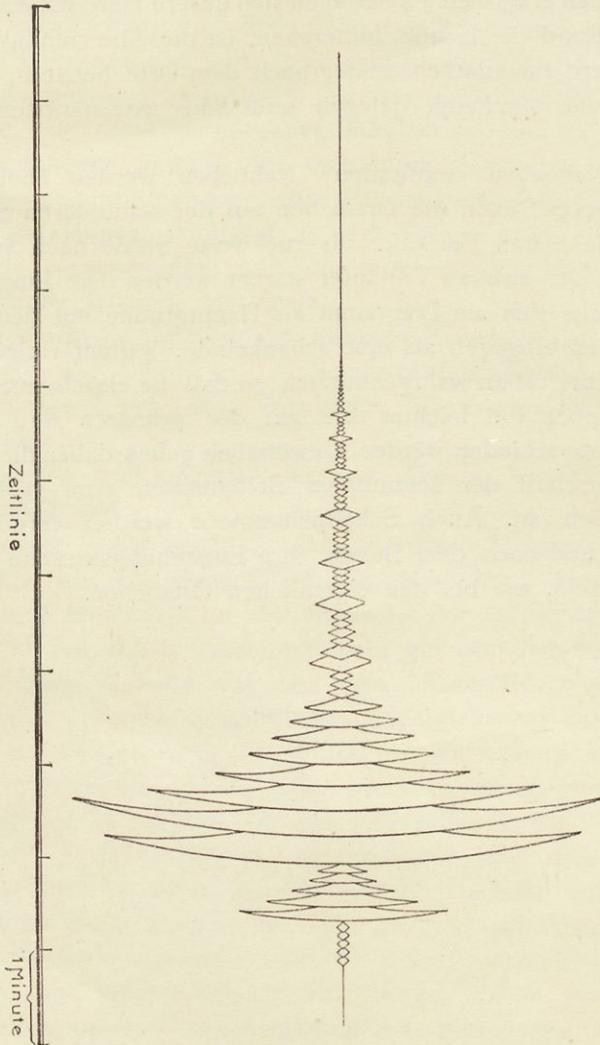
- 1.) Erste Vorläufer (Impulse der direkten Erdwellen),
- 2.) Zweite » (» » Kompressionswellen),
- 3.) Hauptgruppe mit dem Maximum (Transversalwellen von der I. Schütterzone),
- 4.) Nachläufer (wahrscheinlich Reflexe, Echos, Vagabunden an der Erdoberfläche).

Die einzelnen Stoßgruppen in den genannten Diagrammteilen zeigen noch deutlicher wie die Bebenbilder der sekundären Schütterzone ein Anschwellen und Abnehmen an der Intensität der Ausschläge. Die Stoßreihe kommt in den ersten Vorläufern nicht gut zum Ausdrucke.

Aus der Tafel II kann aus den zehn Musterbildern die ungefähre Intensitätsabnahme, welche empirisch durch Vergleichung bestimmt wurde, entnommen, im übrigen kann für je 100 km Entfernung die Dauer der ganzen Bebenaufzeichnung sowie jeder einzelnen Wellengruppe bestimmt werden. Ebenso ist es möglich, aus der Aufzeichnung die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellensysteme zu ermitteln; auch darauf wurde bei der Anlage der Tafel Rücksicht genommen. Der Verfasser war davon weit entfernt, absolute Werte aufzustellen, aber für eine ungefähre Abschätzung der Herddistanz dürfte die Tafel immerhin gute Dienste leisten. Noch auf einen Umstand muß hingewiesen werden, nämlich auf die Bestimmung der Herddistanz eines außerordentlich starken Nahbebens, was am besten an einem praktischen Fall erläutert werden könnte. Eine Erdbebenkatastrophe ereignet sich in Padua. Die Stadt Padua wäre zerstört und unsere Instrumente zeichnen mit Riesenschrift ein Nahbeben ein. Padua liegt über 200 km von Laibach entfernt und die übliche Kalkulation des Bebenherdes nach dem Laibacher Diagramm läßt kaum auf einen Herd von über 200 km Entfernung schließen. Die Vorläufergruppen gehen viel zu rasch

in die Hauptbewegung über — man darf nicht wieder in den Fehler verfallen und den Herd punktförmig annehmen. Wenn Padua zerstört wurde, so ist wahrscheinlich die Haupt- oder primäre Schütterzone auch sehr ausgedehnt (50 bis 100 km), dann stehen wir in Laibach noch auf der sekundären, für Menschen fühlbaren Schütterzone und dieser Umstand macht die Art der Aufzeichnung und den Fehler der Herddistanzbestimmung vollkommen erklärlich. Es beziehen sich unsere Herddistanzschätzungen stets auf den Rand der Hauptschütterzone; ist dieselbe zufällig unbewohnt, so wird der Herd bekanntlich immer nach dem Orte benannt, der auf der Hauptschütterzone überhaupt gelegen und daher am stärksten erschüttert worden ist.

Werden Nahbeben empfunden? Nahbeben werden ähnlich, jedoch immer von längerer Dauer, wie Ortsbeben auf der sekundären Schütterzone empfunden. Die ersten Vorläufer als ruckweise Stöße nach aufwärts, die beim Auftreten der zweiten Vorläufer stärker werden. Die Empfindung der Stoßreihe, welche sich am Diagramm als Hauptgruppe mit dem Maximum einzeichnet, wird hingegen als eine schaukelnde, wellenförmige Bewegung mit deutlichen Intervallen wahrgenommen, so daß die einzelnen Stoßgruppen von Menschen noch viel leichter wie auf der primären und sekundären Schütterzone unterschieden werden. Gewöhnlich geben daher die Beobachter in der Nachbarschaft der sekundären Schütterzone eine größere Anzahl von Stoßgruppen an. Auch Schallphänomene werden vernommen, am häufigsten vor und nach dem Beben, ihre Entstehungsursache dürfte nunmehr dieselbe sein, wie bei den eigentlichen Ortsbeben.



Schematische Darstellung einer Nahbebenaufzeichnung,
Herddistanz 300 km.

Nahbeben.

I. Ordnung

II. Ordnung

