

10. Ueber einen Pendel-Seismograph.

Von HERRN OTTO LANG in Göttingen.

Hierzu Tafel XXII.

(Abdruck a. d. Zeitschr. d. Deutschen geolog. Gesellschaft, Jahrg. 1879.)

Zur Ermittlung der Richtung, Zeit und Stärke einer Erschütterung, also auch eines Erdbebens, halte ich einen Pendel-Apparat für das geeignetste Instrument; den Plan eines solchen Seismographen erlaube ich mir in den folgenden Zeilen zu entwickeln, bei der Construction der auf Grund desselben ausgeführten Instrumente aber wird es sich empfehlen, besonderen Zwecken, sowie den Verhältnissen des Beobachtungsortes, für welchen das Instrument bestimmt ist, in den Dimensionen der einzelnen Apparat-Theile Rechnung zu tragen.

Wenn ein aufgehängtes, in Ruhe befindliches Pendel mit- sammt seiner Umgebung von einer Erschütterung getroffen wird, so muss dasselbe, da durch die Erschütterung Schwerpunkt und Aufhängepunkt aus einer Verticalen gerückt werden, zu schwingen (oscilliren) beginnen; die Erfahrung hat denn z. B. auch gelehrt, dass eine stillstehende Pendel-Uhr durch einen Erdstoss in Gang gesetzt wurde.

Um die Stärke des Erschütterungsstosses zu ermitteln, würde sich nun als einfachster Apparat empfehlen, nur ein mit feinem Sande gefülltes Gefäss unterhalb des Pendels anzubringen, wie denn Seismographen solcher Art nach der Angabe von C. W. C. FUCHS in Italien gebräuchlich sein sollen; in die glatte Oberfläche der Sandmasse könnte die Pendel-Spitze einschneiden und man würde nach einer Erschütterung (einem Erdbeben) sowohl die Richtung des Pendel-Ausschlags genau mit dem Compass bestimmen, als auch die Weite (Amplitude) des Ausschlags mit dem Maassstabe genau messen und so, bei Kenntniss der Pendellänge, die Stärke der Erschütterung ermitteln können; allein es würde da, selbst wenn keine weitere Störung eintreten sollte, die Angabe vollständig fehlen, von welcher Seite der Anstoss erfolgt ist, ob z. B. von Nord oder von Süd, da das Pendel, einmal aus der Ruhe gebracht, nach beiden Seiten ausschlägt; ein solcher Seismograph wird

sich also nur dann anzubringen empfehlen, wenn noch ein anderer daneben die Richtung des ersten Stosses verzeichnet.

An Stelle eines Sand-Gefässes bringe ich unterhalb des Pendels einen im stabilen Gleichgewichte (wie Schiffs-lampen) ruhenden Blechtrichter an, dessen Längsschnitt Fig. I. auf Taf. XXII. darstellt. In den cylindrischen Theil desselben ist ein engerer Trichter eingeschoben, der in seinem unteren, engeren cylindrischen Theile wiederum einen eingeschobenen Cylinder trägt; letzterer erhält seinen Abschluss nach unten durch eine übergeschobene Kapsel. Der Trichter selbst muss natürlicher Weise möglichst äquilibrirt sein, sonst würde der „Gleichgewichts-Apparat“ ganz nutzlos werden; er muss ferner sicher im innersten Ringe des letzteren ruhen und kann zu diesem Zwecke sogar eine Sicherung eingeführt werden. Am „Gleichgewichts-Apparate“ sind die Axen nur im mittleren Ringe beweglich.

Auf der oberen Trichter-Oeffnung ruht, gegen Verschiebungen gesichert, ein System von zwei platten, concentrischen Ringen und einer Scheibe, das aus einem 3—5 Mm. dicken Brette von möglichst glatter und ebener Oberfläche geschnitten ist und zusammengehalten wird durch 2 kreuzweis laufende und an der Unterfläche des Systems befestigte (auf der hohen Kante stehende) Stalbänder oder Holzbälkchen mit nach oben zugeschärften Kanten. Die in der Mitte befindliche Scheibe hat einen Halbmesser von 8 Mm., die Halbmesser der Ringe betragen 16, resp. 46 Mm im Lichten und 26, resp. 61 Mm. aussen.

Auf dieser „Ringplatte“ ruht nun wiederum ein System concentrischer, aus Holz gedrehter Ringe harmonisch auf; sie liegen nur lose auf, jeder Ring ist von gleicher Höhe wie Breite und durch eine bestimmte Zahl von Radialschnitten in lauter gleichgrosse und möglichst würfelförmliche Sektoren getheilt; jeder Sector trägt, wie aus Fig. II. Taf. XXII. zu ersehen, eine eigene Bezeichnung, ein Symbol der Windrosé oder des Compasses (24 Compassstunden), und sind die Ringe dementsprechend zu orientiren. Die Flächen der Sektoren müssen möglichst glatt sein, damit die Sektoren leicht aneinander hingleiten können; ihre dem Würfel genäherten Dimensionen dagegen sind der in gewissem Grade doch wieder erwünschten Stabilität wegen so gewählt. Der kleinste Ring hat 3 Mm. Halbmesser im Lichten.

Die Spitze des Lothes hängt nun noch in die Höhlung des innersten Ringes hinein und zwar so, dass sie sich 1 bis 3 Mm. über der centralen Scheibenfläche befindet. Der Lothkörper, d. h. das Gewicht des Lothes (L in Fig. I.), ist aus Messing gedreht und hat Spitzkugelform; er ist 27 Mm. lang,

der cylindrische Theil hat 15 Mm. Länge bei 9 Mm. Durchmesser; in seinen Hintertheil ist ein Messingzapfen eingedrängt, durch dessen Centrum der Faden des Pendels geführt ist; auf diese Weise ist man versichert, die Spitze des Lothes in der Lothlinie zu haben. Aufgehängt ist das Pendel an einem Galgen in der Art, dass sich die Fadenlänge, die etwa 4 Dm. beträgt, corrigiren (justiren) lässt, indem der Faden auf eine Winde gezogen ist; das Centriren des Lothes ist dadurch ermöglicht, dass der Faden durch ein Loch einer horizontal liegenden Messing-Platte geführt ist, welche durch Gestellschrauben seitlich verschoben werden kann. Der Galgen des Lothes ist mit einem horizontalen Brette (B in Fig. I.), welches den Trichter trägt, in solcher Weise (durch A in Fig. I.) verbunden, dass sich der ganze Apparat an der Wand befestigen lässt. Das Wandbret (A) hat am unteren Ende auf beiden Seiten, ähnlich wie eine Pendule, Gestellschrauben (von denen eine, α , in Fig. I. aufgenommen ist), die sich in die Hinterwand einbohren; sie sollen ein Pendeln des Apparates verhindern und dienen auch dazu, um das Loth im Rohen zu centriren.

Der Apparat lässt sich nun weiter vervollständigen, so dass die Bewegung des Lothes auch eine in entsprechender Weise mit ihm verbundene Uhr zum Stehen bringt. Anfänglich hatte ich denn den Apparat auch in dieser Art ergänzt, Zweckmässigkeits-Rücksichten haben mich jedoch bewogen, den Plan umzuändern und für den Seismo-Chronographen ein besonderes Pendel zu wählen; so zerfällt mein Apparat in Wahrheit in zwei, die aber beide Pendel-Apparate sind. Die Beschreibung des Seismo-Chronographen folgt weiter unten.

Bei Aufstellung des vorbeschriebenen Apparates empfiehlt es sich, zunächst dem Trichter die Ring-Platte zu verbinden und, wozu allerdings etwas geschickte Finger gehören, der Ring-Platte das System concentrischer und in Sektoren zerschnittener Ringe in entsprechender Orientirung aufzusetzen; darnach ist das Loth zu justiren und zu centriren. Man thut am Besten, ihm nicht sofort die ganze Länge zu geben, sondern es erst zur Ruhe kommen zu lassen, wenn die Spitze des Pendelgewichts noch oberhalb der getheilten Ringe schwebt. Durch entsprechendes Anziehen der Gestellschrauben kann es dann centrirt und schliesslich mit Hilfe der kleinen Winde in seiner Länge so justirt werden, dass seine Spitze ungefähr 2 Mm. über der Ringplatte befindlich ist und in das Centrum des innersten getheilten Kreises hineingreift.

Bei längerer Ruhe des Apparates ist von Zeit zu Zeit immer eine Controle nöthig, welche sich vorzugsweise auf

die horizontale Lage der Ring-Platte, sowie die Justirung und Centrirung des Lothes zu erstrecken hat.

Trifft nun einen in dieser Weise ausgestatteten Apparat eine Erschütterung, so beginnt das Pendel zu schwingen (oscilliren); dabei verschiebt es zunächst einen Sector (eventuell 2 einander benachbarte Sektoren, im Falle nämlich das Loth gerade in der Richtung einer Schnittlinie schwingt) des innersten Ringes und wirft denselben bei irgend starkem Stosse in den Trichter. Ist der Ausschlag nicht stärker als etwa 5 Mm., so fällt das Loth zurück, nachdem es den Sector eventuell nur verschoben, nicht in den Trichter geworfen hat, und trifft in gleicher Weise den diagonal gegenüber gelegenen Sector; die verschobenen Sektoren zeigen dann im Allgemeinen die Schwingungsrichtung an. Ist der Ausschlag aber stärker, so werden auch die Sektoren der äusseren Ringe getroffen und in den Trichter, resp. über den Trichterrand geworfen; da nun diese äusseren Ringe in zahlreichere Sektoren zerschnitten sind, als wie der innerste Ring, so wird mit ihrer Bethheiligung die Angabe der Schwingungsrichtung, also auch der Erschütterungsrichtung genauer.

Gesetzt nun der Fall, es sind nur Sektoren des innersten Ringes getroffen und in den Trichter geworfen worden, so öffne ich den Trichter durch vorsichtiges Herausziehen des untersten cylindrischen Theiles (nicht der zu unterst angebrachten Verschluss-Kapsel, welche nur den Zweck hat, Hindernisse bei der Ausleerung, z. B. Klemmen der Sektoren an den Wänden u. a. m. zu beseitigen); der zu unterst liegende Sector ist jedenfalls der zuerst hinabgestürzte und giebt mir seine Aufschrift an, nach welcher Richtung die Erschütterung sich fortpflanzte.

Hat der Pendel-Ausschlag aber auch noch den zweiten Ring getroffen und Sektoren desselben hinabgeworfen, so liegt derjenige Sector des zweiten Ringes (resp. auch 2 einander benachbarte Sektoren, im oben erwähnten Falle), der zuerst hinabgeworfen wurde, nothwendiger Weise zu unterst im oberen cylindrischen Theile des Trichters (diesen Theil kann man in gleicher Weise wie den untersten herausziehen und so Einblick in seinen Inhalt bekommen) und sperrt den später hinabgeworfenen Sektoren des innersten Ringes den Zutritt zum untersten cylindrischen Theile; in letzterem kann dann nur der entsprechende Sector (resp. 2 einander benachbarte Sektoren) des innersten Ringes liegen, ausgenommen der Fall, dass mehrere Erschütterungs-Stösse erfolgt sind und die erste Erschütterung von geringerer Kraft war¹⁾, so dass

¹⁾ Das scheint nach J. SCHMIDT'S Erbeben-Studien sogar der gewöhnliche Fall zu sein.

das ausschlagende Loth da nur den innersten Ring traf, der mittlere Ring also erst bei einem späteren, stärkeren Stosse getroffen wurde: im letzteren Falle werden im untersten cylindrischen Trichtertheile zwei (resp. 4 i. a. F.) einander diagonal entsprechende Sektoren in entsprechender Reihenfolge liegen oder auch noch ein dritter dazu, falls sich die Richtung der Erschütterungs-Stösse änderte (bei mehrfacher Aenderung der Richtung wenig intensiver Stösse entsprechend noch mehr Sektoren). — Der äusserste Sektoren-Ring, dessen Sektoren vom Lothe über den Trichter-Rand hinausgeschleudert werden, kann nur Kunde geben von der Richtung und Stärke der erschütternden Stösse, nicht im gegebenen Falle von der Reihenfolge verschiedener Stösse.

In solcher Weise verzeichnet dieser Pendel-Seismograph die Richtung und Stärke, im günstigen Falle sogar die Reihenfolge mehrerer Stösse bei Erd-Erschütterungen.

Der von mir construirte Seismo-Chronograph lässt sich an jeder Pendel-Uhr¹⁾ anbringen; zu seiner Veranschaulichung sollen Fig. III. und IV. auf Taf. XXII. dienen.

Am Uhr-Pendel befestige ich unterhalb der Pendelscheibe (P) und noch oberhalb der letztere tragenden Schraubenmutter einen Doppel-Faden von Seide und führe dann diesen Faden hinter der Pendelscheibe zu einer Oese oder einem Haken von Messingdraht, der in der Ruhelinie des Uhrpendels und noch oberhalb des Scheiben-Niveaus an der Hinterwand des Uhrkastens, resp. wo letzterer fehlt, an einem an der Wand befestigten Brettle angebracht ist. Die Länge dieses Doppel-Fadens a b muss dem Uhr-Pendel gerade den ruhigen, normalen Ausschlag erlauben und folgt der Doppel-Faden den Pendel-Schwingungen. Bei b tritt er von oben in die Oese ein und ist von da abwärts geführt, der Symmetrie wegen in der Mittellinie der Pendelschwingungen nach c ; vielleicht zweckmässiger wäre es, ihn seitwärts nach m zu führen. Zwischen a und c ist der Doppel-Faden in seiner grössten Länge verdeckt²⁾, um das gegenseitige Reiben der Fadenstrecken b c und

¹⁾ Am Geeignetsten sind wohl Pendulen dazu; da ich aber nicht im Besitz einer Pendule bin, habe ich den Apparat an einer einfachen, Schwarzwälder-ähnlichen Wanduhr angebracht; die dabei empfundenen Missstände sind der Art, dass sie voraussichtlich bei Pendulen nicht eintreten: sie haben nämlich ihren Grund in dem ganz geringen Gewichte der Uhr-Pendelscheibe, in Folge dessen die Federkraft des angeknüpften Seidenfadens die Uhr anfangs oft zum Stehen bringt und das Gewicht desselben ein „Vorgehen“ der Uhr um täglich mehr als 1 Stunde bedingt. Letzterer Missstand ist sofort zu beseitigen, ersterer aber verliert sich erst nach einiger Zeit.

²⁾ An meinem Apparate, wo ein besonderes Brett die Hinterwand des Uhrkastens vertritt, habe ich, wie in der Zeichnung angedeutet, diese

der daran vorüberbewegten a b zu verhindern. Beim Austritt aus c trennt sich der Doppel-Faden und laufen die beiden einfachen Faden in der aus den Zeichnungen ersichtlichen Weise nach dem Lothkörper l , nämlich der eine Faden über d , der andere über m und n .¹⁾

Der Lothkörper l ist ein „Uhr-Gewicht“ und an einer Darmsaite oben neben der Uhr aufgehängt (bei Pendulen oder überhaupt Kasten-Uhren kann er in der Decken-Wand des Kastens so aufgehängt werden, dass er in einer der Nischen des Kastens herabhängt und das Uhr-Pendel nicht hindert). Nothwendige Bedingung ist, dass sein Gewicht (bedeutend) höher ist als das des Uhr-Pendels. An seiner Unterflache sind zwei kleine Winden w und w' in Fig. IV. angebracht, auf denen die Seidenfäden aufgezogen sind; diese Winden müssen klemmen können (was einfach durch konische Form ihrer Welle, soweit letztere in der Führung, resp. im Lager ruht, bewerkstelligt werden kann), um ein Ablaufen der Faden bei einer Bewegung des Lothkörpers in der Richtung d n zu verhindern.²⁾

Trifft nun eine Erschütterung das Loth l , so wird dasselbe oscilliren; nach welcher Seite es auch ausschlagen wird, immer muss es dabei an einem der Faden, entweder an w d c oder an w' n m c , ziehen und dieser Zug sich bis a fortsetzen; da nun das Gewicht von l bedeutender ist als das von P , so muss auch P diesem Zuge folgen und wird da P in seine Ruhelinie und an die Hinterwand gezogen: die Uhr kommt

Strecke einfach durch seitlich festgeklebte, von Glanz-Papier (der möglichst geringen Reibung für den Faden a b wegen) überzogene Leinwand verdeckt. Bei Pendulen wird es sich schon des besseren Aussehens wegen empfehlen, eine (umgekehrte) Rinne von möglichst dünnem Metallblech zu wählen, deren etwas ausgebogene Oeffnungen gleich die Draht-Oesen b und c vertreten, oder aber eine Rille in die Uhrkasten-Hinterwand einzutiefen und diese mit ebenem Blech abzuschliessen.

¹⁾ Bei Kasten-Uhren sind die den Faden-Verlauf bestimmenden Draht-Oesen einfach an der Hinterwand und am Boden des Kastens anzubringen; wo aber ein Uhrkasten fehlt, muss n durch das ösenförmige Ende eines starken, in dem die Uhrwand deckenden Brettes befestigten Draht-Stiftes oder Hakens geliefert werden.

²⁾ Einen solchen Seismo-Chronographen kann Jeder, der einen zu besitzen wünscht, sich selbst leicht herstellen, resp. von einem am Orte befindlichen Mechaniker fertigen und anbringen lassen. Die Herstellung des zuerst beschriebenen Apparates aber wird nicht allein billiger kommen, sondern es wird auch die Ausarbeitung des Trichters, der Ring-Platte und besonders des Ring-Systems eine genauere und bessere sein können, wenn eine grössere Anzahl von Apparaten in ein und derselben Werkstatt gearbeitet werden. Als solche Werkstätten empfehle ich die von THEODOR LANG in Gera, sowie die von VOIGT & HOCHGESANG in Göttingen.

zum Stillstehen. Ein Auspendeln der Uhr, welches an einer durch einen Erdstoss getroffenen Pendel-Uhr von J. SCHMIDT (Studien über Erdbeben, 2. Aufl., pag. 70) beobachtet wurde und zwar fast 5 Minuten dauerte, kann hier nicht stattfinden, da das Uhr-Pendel an der Wand festgehalten wird.¹⁾

Erklärung der Tafel XXII.

Figur I. Centraler Längsschnitt durch den unteren Theil des Apparates.

A das Wandbret des Apparat-Halters; an seinem oberen Ende trägt dasselbe den Galgen für das Loth und ist es daselbst mit einem Ring zum Aufhängen versehen. In die Zeichnung der Mittelfläche ist hier (unten) eine der seitlich befindlichen Gestellschrauben α aufgenommen.

B das horizontale Bret zur Aufnahme des Trichters.

C und D Querschnitte durch die Ringe des „Gleichgewichts-Apparates“, mit dem Axenstifte β .

E - F Längsschnitt des Trichters.

g, h und i Schnitte durch die „Ring-Platte“.

G, H und I Schnitte durch das „Ring-System“.

L Längsschnitt des Lothkörpers.

Figur II. Die Oberfläche des „Ring-Systems“.

Figur III. Ansicht des Apparates an der Uhr (des Seismo-Chronograph).

P ist die Scheibe des Uhr-Pendels,

l der Lothkörper, dessen Unterfläche 2 parallel neben einander stehende Winden trägt, von denen nur eine in der Figur dargestellt ist. Der doppelte Seidenfaden ist unterhalb der Pendelscheibe und oberhalb der dieselbe tragenden Mutter bei a am Uhr-Pendel befestigt und von da an der Hinterseite der Pendelscheibe nach der aus Messingdraht gebogenen Oese b geführt, in welche er von oben eintritt. Von b nach der Oese c läuft der Doppel-Faden verdeckt; beim Austritt aus c trennen sich beide Fäden; der eine von ihnen läuft nach der Oese d und durch sie zur Winde w; der andere (vergl. Fig. IV.) nach der Oese m und dann unter dem Lothkörper l hinweg nach n und von da zur Winde w'.

Figur IV. Ansicht des Verlaufs der Seidenfäden von unten.

¹⁾ Um die Unzuträglichkeiten, welche für die Uhr aus der fort-dauernden Verbindung ihres Pendels mit dem Seidenfaden entstehen können, zu vermeiden, ist es vielleicht zweckmässiger, den Doppel-Faden nicht an das Uhr-Pendel zu führen, sondern zu einem leichten Arm-Riegel, welcher einen nach vorn federnden, unten seitwärts vom Uhr-Pendel in der Hinterwand angebrachten Stift in verticaler Zwangslage festhält; durch den Zug des Fadens wird der Riegel zurückgedreht oder -geschoben, der federnde Stift wird frei, schnell nach vorn (und aufwärts) in die Horizontal-Lage und hindert so das Uhr-Pendel in seinen Schwingungen.

