



Über Erdbeben.

Auszug aus dem von Herrn phil. M. Topolansky am 28. April d. J. in der chemisch-physikalischen Gesellschaft zu Wien gehaltenen Vortrag.

Einleitend besprach der Vortragende in kurzen Worten die heute gangbaren Theorien und wendete sich dann dem praktischen Teile der Erdbebenmessung zu. Der Vortragende führt aus, daß es keineswegs unmöglich sei, Erdbebenbeobachtungen ohne Instrumente zu machen. Zur Fixierung einer Bewegung sind ja nur vier Momente notwendig, und zwar: die Zeit des Eintrittes, die Dauer, die Art (sukkusorisch oder undulatorisch) und die Richtung der Bewegung. Zur Festhaltung der Zeit genügt jede Uhr. Die Dauer kann schätzungsweise bestimmt werden. Es spielt hiebei die Furcht keineswegs so unangenehm mit, wie man glauben könnte. Man hat z. B. bei dem Laibacher Beben vom Jahre 1895 gesehen, daß die Zahl der übereinstimmenden Schätzungen eine hinlänglich große war, um die Angabe als richtig hinnehmen zu können. Was endlich die Richtung der Bewegung anlangt, führt der Vortragende ein paar von ihm selbst gemachte Wahrnehmungen an, von denen eine hier wiedergegeben sei. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Schiefer, womit die Dächer einer beiläufig 200 Meter langen Häuserfront gedeckt waren, bei Herannahen eines Stoßes klaviaturartig aneinander schlugen und daß sich dieses Geräusch die ganze Länge der Front entlang fortpflanzte und so leicht die Richtung des Stoßes erkannt werden konnte. (Beobachtung, gemacht an der Hauptfront der Laibacher k. k. Tabakhauptfabrik.)

Da aber solche Messungen nie zu einer tatsächlichen Erdbebenforschung führen konnten, mußte man schon früh darauf bedacht sein, Instrumente zu bauen. Der Vortragende bespricht einige ältere und neuere Erdbebenmeßinstrumente und wendet sich dann zur Erklärung von Seismogrammen, welche ihm der Leiter der Laibacher Erdbebenwarte in gewohnter Bereitwilligkeit zur Verfügung stellte. Hiebei kommt er auch auf die Vorphase zu sprechen. Man nimmt bekanntlich nach Belar an, daß diese durch die durch das Erdinnere sich fortpflanzenden Wellen hervorgerufen werde, während der Hauptausschlag durch das Zusammenwirken dieser und der sogenannten Oberflächenwelle entsteht. Mit Hilfe dieser Annahme könnte man sich doch sehr leicht auch die Erdbebeninseln und -brücken erklären, indem man ja nur an eine Interferenz dieser Wellen zu denken braucht.

Den eigentlichen Vortrag bildete dann ein Referat über eine Arbeit des Fürsten B. Gallitzin: «Über seismometrische Studien.» Was nämlich die Theorie der Erdbebenmessung anlangt, wurde bisher wenig geleistet. Die

Arbeiten von Poincaré und Lippmann haben zwar als die ältesten historisches Interesse, aber theoretisch sind sie wenig wertvoll, da Lippmann nur zwei und vor ihm Poincaré gar nur einen Parameter einführt. Beide denken gar nicht an die Möglichkeit, daß auch Neigungen vorkommen können. Erst Schlüter sucht diese und baut zu diesem Zwecke einen eigenen Apparat, Klinograph genannt, doch gelingt es ihm nicht, Neigungen nachzuweisen. Fürst Gallitzin gibt dem Klinographen die Schuld an diesem negativen Ergebnisse, indem seiner Ansicht nach derselbe zufolge seiner mechanischen Registriervorrichtung mit der Wand des Beobachtungszimmers ein starres System bilde, weshalb Fürst Gallitzin eine optische Registrierung vorschlägt.

In seiner eigentlichen Arbeit verurteilt Fürst Gallitzin das Horizontalpendel, schlägt an dessen Stelle ein sogenanntes Bifilarpendel vor und sucht überhaupt die Frage der Erdbewegungen allgemein zu lösen, d. h. durch Einführung von sechs Parametern, und zwar je einer fortschreitenden Bewegung längs der drei Achsen eines rechtwinkligen Koordinatensystems und je einer Drehung um jede Achse. Der Sinn ist der gewöhnliche und sei hier nur des leichteren Ausdruckes halber in Fig. 1 (siehe Tafel III) wiedergegeben, darin bedeuten also die Pfeile den positiven Sinn der fortschreitenden, bezüglich den der drehenden Bewegung. Das Koordinatensystem selbst ist so gelegt, daß die x -Achse nach Norden, die y -Achse nach Osten und die z -Achse nach dem Zenith zeigt.

Es handelt sich also in der Arbeit des Fürsten Gallitzin darum, die sechs Unbekannten $x y z \varphi \psi \chi$ zu bestimmen. Er behandelt, wie erwähnt, zuerst die Theorie des Horizontalpendels und kommt schließlich zu folgenden zwei Gleichungen:

Für ein im Meridian schwingendes Pendel gilt:

$$\Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + \frac{1}{l}[gi_0 - (x'' - g\psi)]\Theta - \frac{1}{l}(y'' + g\varphi) - \chi'' = 0$$

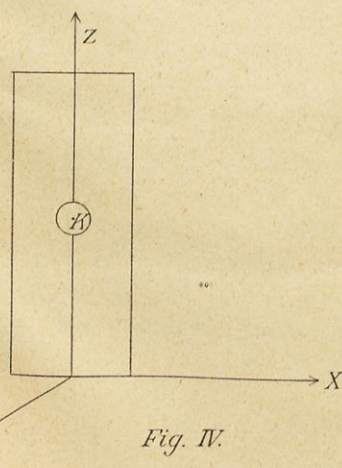
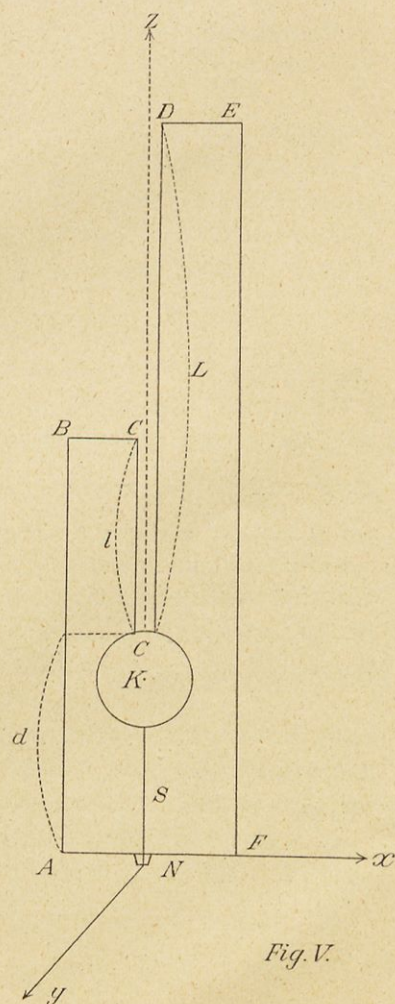
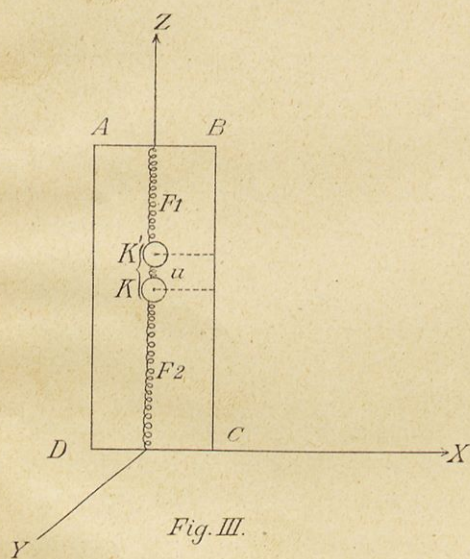
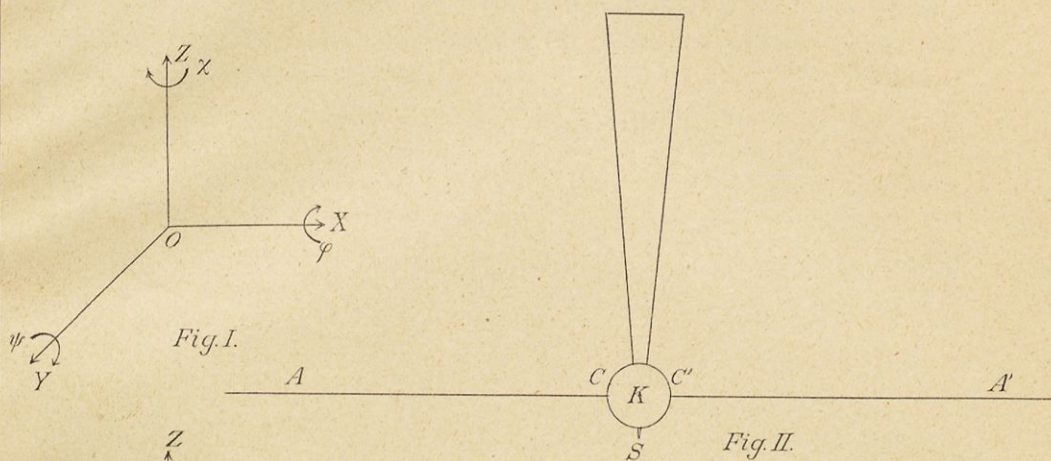
und für ein im ersten Vertikal schwingendes:

$$\Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + \frac{1}{l}[gi_0 - (y'' + g\varphi)]\Theta - \frac{1}{l}(x'' - g\psi) - \chi'' = 0.$$

Es bedeutet: Θ die Ablenkung zur Zeit t ; Θ' , bezüglich Θ'' den ersten, bezüglich zweiten Differentialquotienten des Θ nach der Zeit; l die Entfernung eines Punktes der Pendelachse vom Aufhängepunkt; i_0 den Winkel zwischen der Vertikalen und der Drehungsachse; g die Gravitation der Erdschwere; das Glied $2\varepsilon\Theta'$ rührt von der Dämpfung her; χ'' ist mit einem später zu besprechenden Apparat bestimmbar.

Man sieht, daß sich aus diesen beiden Gleichungen die Ausdrücke $(x'' - g\psi)$ und $(y'' + g\varphi)$

tatsächlich bestimmen ließen, jedoch sehr schwer. Und darin liegt der Grund, warum Fürst Gallitzin das Horizontalpendel verwirft und dafür das sogenannte Bifilarpendel vorschlägt. Man wird sofort die Berechtigung dieser Ansicht einsehen.



Das Bifilarpendel besteht aus einer bifilar aufgehängten Kugel K , die, um jede seitliche Bewegung zu hindern, mit zwei Drähten AC und $A'C'$ an den Wänden des Beobachtungsraumes befestigt ist. Die Spitze S dient zur Registrierung. Fürst Gallitzin zieht bei seiner Rechnung auch den Einfluß der Drähte AC und $A'C'$ in Betracht. Er erhält schließlich für ein im Meridian schwingendes Pendel:

$$\Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + \frac{g}{l}\Theta + \frac{1}{l}(x'' - g\psi) = 0$$

für ein im ersten Vertikal schwingendes:

$$\Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + \frac{g}{l}\Theta - \frac{1}{l}(y'' + g\varphi) = 0.$$

Hier haben die Buchstaben dieselbe Bedeutung wie früher. Vergleicht man diese Gleichungen mit jenen für das Horizontalpendel, so erkennt man sofort, daß das Bifilarpendel die Ausdrücke

$$(x'' - g\psi) \text{ und } (y'' + g\varphi)$$

bedeutend leichter ergibt. Allerdings kann man auch hier nur die Verbindungen $x'' - g\psi$ und $y'' + g\varphi$ bestimmen, ein Umstand, der aber mit Hilfe eines später zu besprechenden Apparates von Dawison behoben wird, da dieser Apparat die Größen φ und ψ rechnen läßt, so daß man tatsächlich mit Hilfe des Bifilarpendels die Größen x und y , d. h. die Verschiebungen entlang der x - und y -Achse bestimmen kann.

Um die Vertikalkomponente z zu erhalten, gibt Fürst Gallitzin folgenden Apparat an: In einem Gestell $ABCD$ ist eine Kugel mit zwei Federn F_1 und F_2 befestigt, so daß ihre Bewegung nur von der Vertikalbewegung abhängt (Fig. 3). Um jede seitliche Bewegung der Kugel zu hindern, kann diese noch durch seitliche Drähte wie beim Bifilarpendel gehalten werden. Man erhält die Gleichung:

$$u'' + 2\varepsilon u' + n^2 u + g + z'' = 0.$$

Dabei ist u der Weg des Kugelmittelpunktes zufolge einer Erschütterung; u' , bezüglich u'' sind der erste, bezüglich zweite Differentialquotient des u nach der Zeit; das Glied $2\varepsilon u'$ rührt von der Dämpfung her; endlich ist $n^2 = \frac{P_1 + P_2}{M}$, wobei P_1 , bezüglich P_2 die Spannungskomponenten der oberen, bezüglich unteren Feder sind und M die Masse der Kugel bedeutet. Die Größen ε und n lassen sich leicht aus Schwingungsbeobachtungen bestimmen, wenn die Erde ruht. Aus der erhaltenen Gleichung läßt sich also sehr leicht die Vertikalkomponente z einer Bewegung bestimmen und wäre so die Frage nach den Translationen gelöst und bleiben nur noch die Rotationen φ , ψ und χ zu bestimmen.

Um Drehungen χ um die Vertikalachse zu erkennen, dient ein Apparat ähnlich dem letztbesprochenen, nur ist die Kugel statt mit Federn mit Drähten festgehalten (Fig. 4) und fehlen entsprechend dem Zwecke die Drähte zur Verhinderung seitlicher Bewegungen. In der Gleichung:

$$\Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + n^2\Theta - \chi'' = 0$$

bedeutet Θ den Drehungswinkel der Kugel in der Horizontalebene, der optisch registriert werden möge, Θ' und Θ'' sind wieder die Differentialquotienten; das Glied $2\varepsilon\Theta'$ stammt von der Dämpfung her; schließlich ist

$n^2 = \frac{D}{K}$, wobei D die Drehungskonstante und K das Trägheitsmoment bezüglich der Drehungsachse z ist. Der Gleichung zufolge ist also auch χ bestimmbar und bleiben nur noch die Drehungen φ und ψ zu bestimmen.

Hiezu benützt Fürst Gallitzin zwei gleiche Apparate von Dawison, von denen jeder wegen seiner Orientierung je eine der zu suchenden Drehungen gibt. Diese Apparate sehen so aus: An zwei ungleich langen Stützen ABC und DEF hängt an zwei ungleich langen Faden L und l bifilar eine Kugel K , von der ausgehend eine Spitze S in einen Napf N spielt, damit tatsächlich nur eine Drehung festgehalten werde, und zwar würde ein Apparat, wie der in Fig. 4 orientierte, nur Drehungen um die x -Achse ergeben. Stellt man hiezu senkrecht einen zweiten ganz gleichen Apparat, so würde man die Drehungen um die y -Achse erhalten. Die Gleichung für den ersten Fall lautet:

$$\text{für den zweiten} \quad \Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + n^2\Theta - \chi'' = p\varphi$$

$$\Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + n^2\Theta - \chi'' = p\psi$$

dabei ist $n^2 = \frac{D}{K}$, wo D eine Konstante und K das Trägheitsmoment bezüglich der Drehachse bedeutet; ferner ist $p = \frac{D}{K} \frac{L-l}{e}$, die Bedeutung der

Buchstaben hier folgt direkt aus der Zeichnung. Für χ haben wir schon einen Apparat kennen gelernt, das Θ ist wieder der ablesbare Ausschlag, Θ' und Θ'' die Differentialquotienten. Wir haben also alles gegeben, um φ und ψ bestimmen zu können.

Fürst Gallitzin bietet sonach durch seine Arbeit die Möglichkeit, jede Erdbewegung nach allen möglichen Richtungen zu untersuchen. Man braucht ja hiezu nur einen Apparat zur Bestimmung der Vertikalkomponente z , einen Apparat zur Bestimmung der Drehung χ um die Vertikale, einen Apparat von Davidson zur Bestimmung der Drehung φ um die x -Achse, einen Apparat von Davidson zur Bestimmung der Drehung ψ um die y -Achse, ein Bifilarpendingel gibt dann die Verschiebung x , ein zweites Pendel die Verschiebung y .

So hätte denn Fürst Gallitzin seine Aufgabe vollkommen gelöst, aber leider nur theoretisch; denn soviel dem Vortragenden bekannt, bestehen diese Apparate nur am Papier. Die Arbeit ist aber trotzdem von enormer Bedeutung, da sie eben die erste derartige ist.