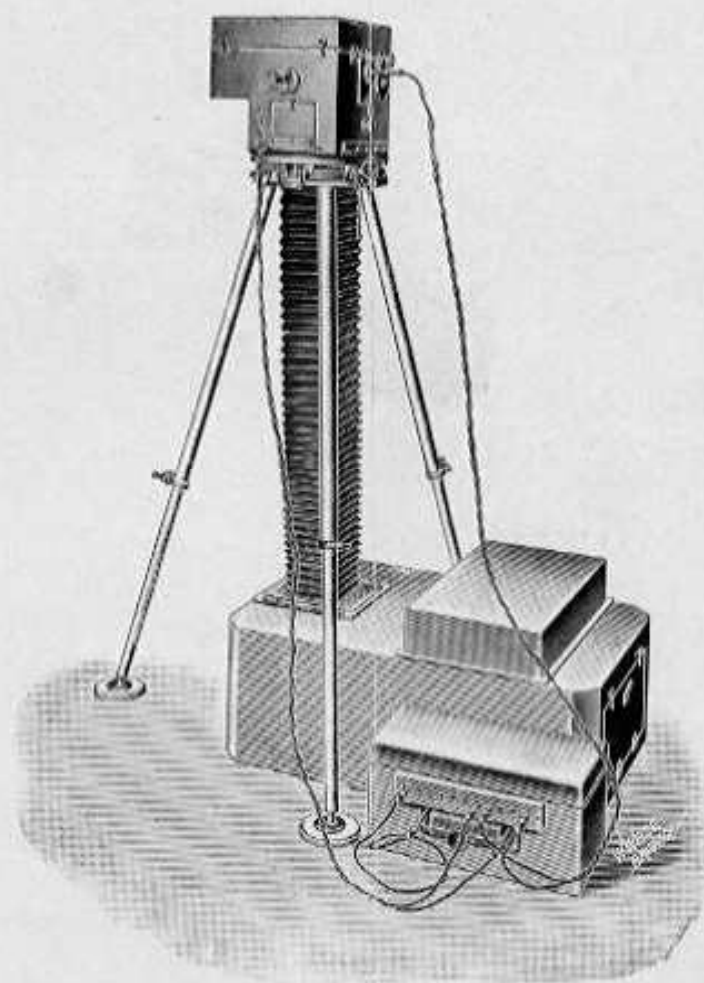


# Spindler & Hoyer

Werkstätten für Präzisionsmechanik

Göttingen.



## Inhalt:

Mitteilungen über einen neuen

### Horizontalseismographen

nach Wiechert-Mintrop.

Preisliste XXVII.

## Horizontalseismograph für schnelle Bodenbewegungen nach Wiechert-Mintrop.

Das Instrument dient zur Aufzeichnung der künstlichen Bodenerschütterungen, wie sie durch den Eisenbahnbetrieb, durch Sprengungen, Dampfhammer, Fallwerke, Maschinen etc. hervorgerufen werden.

Die von Großgasmaschinen mit horizontal hin- und hergehenden und excentrisch rotierenden Massen hervorgerufenen Bodenschwingungen geben sehr häufig Anlaß zu Klagen der Umwohner über Störungen in ihren Häusern. Diese Bodenbewegungen treten je nach der Art des Untergrundes mehr oder weniger stark hervor: auf festem Boden ist die Wirkung gering, während horizontal gelagerte weiche Schichten, insbesondere Sand- und Schwimmsandschichten, leicht erregt werden und in Eigenschwingungen geraten. Die Kraftzentralen suchen dadurch Abhilfe zu schaffen, daß sie die freien Beschleunigungskräfte, die von den Maschinen in den Erdboden gehen, durch ungewöhnlich große Fundamente aufnehmen lassen und die Umlaufzahl der Maschinen herabsetzen, oder daß sie kostspielige Einrichtungen zur teilweisen Ausgleichung der Massenwirkung anbringen. Über die Art der Ausbreitung der Schwingungen in der näheren und weiteren Umgebung der Maschine ist aber wenig bekannt, absolute Messungen finden nicht statt, sodaß die Größe der Bodenbewegungen unbekannt bleibt. In Prozeßstreitigkeiten fehlen den Sachverständigen daher auch die geeigneten Unter-

## Sismographe horizontal pour les mouvements rapides du sol système Wiechert-Mintrop.

Cet instrument sert à enregistrer les trépidations artificielles du sol, telles qu'elles sont produites par les chemins de fer, les coups de mine, les marteaux-pilons, les moutons, les machines, etc.

Les oscillations du sol produites par les grandes machines à gaz avec leurs masses animées d'un mouvement horizontal de va-et-vient donnent souvent lieu à des plaintes de la part des voisins à cause de l'endommagement de leurs maisons. Ces mouvements du sol sont plus ou moins forts, suivant la nature du sous-sol; sur un sol dur leur effet est faible, tandis que les couches horizontales stratifiées, notamment les couches de sable et les sables d'alluvion, s'agitent facilement et entrent en vibration. Les usines génératrices cherchent à remédier à cet inconvénient en construisant des massifs de fondation énormes qui absorbent les forces d'accélération libres transmises au sol par les machines, et en réduisant la vitesse des machines, ou bien elles emploient des dispositifs coûteux pour compenser en partie l'action des masses. Mais la nature de la propagation des oscillations dans le voisinage immédiat ou plus éloigné de la machine est peu connue; il n'y a pas de mesures absolues, de sorte que la grandeur des mouvements du sol reste inconnue. Aussi, dans les procès, les experts n'ont-ils pas de renseignements appropriés pour juger de l'influence nuisible des oscillations. Ce qui se fait surtout sentir, c'est le manque de chiffres absolus, lorsqu'il

## Horizontal Seismograph for Rapid Motions of the Ground according to Wiechert-Mintrop.

The instrument is for recording artificial shaking of the ground such as is produced by railways, blasting, steam-hammers, pile-drivers, engines etc.

The vibrations of the ground produced by large gas-engines having horizontally reciprocating masses very frequently give occasion to complaints of residents in the neighbourhood as to injury to their houses. These movements of the ground occur more or less noticeably according to the nature of the subsoil in each instance; on firm ground the effect is small, whereas horizontal soft layers, particularly sand and quicksand beds become readily excited and oscillated. Power stations endeavour to effect a remedy by having the free forces of acceleration which pass from the machines into the ground taken up by uncommonly large foundations, and reducing the speed of the machines, or by providing expensive devices for partially equalising the action of the masses. But as to the manner in which the oscillations spread in the immediate and more distant neighbourhood of the machine little is known; absolute measurements are not made so that the amount of the motions of the ground remains unknown. Therefore in litigation experts have not got the suitable data for judging the injurious influence of the oscillations. The want of absolute numerical materia

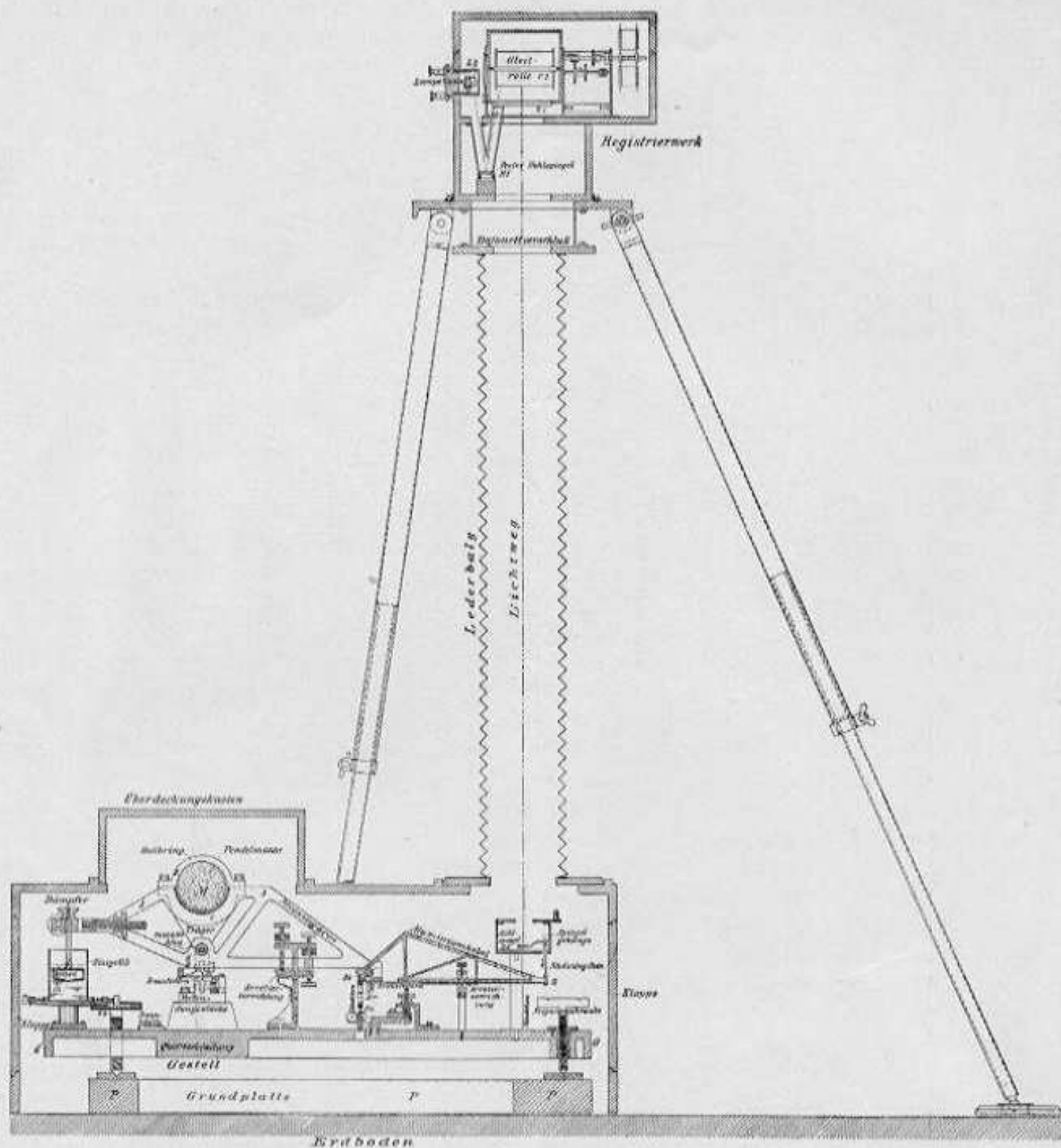


Fig. 1.

lagen für die Beurteilung des schädigen- den Einflusses der Schwingungen. Besonders schwerwiegend tritt der Mangel an absolutem Zahlenmaterial in Erscheinung, wenn nach der An- bringung etwaiger Einrichtungen zur Abschwächung der Schütterwirkungen der Grad der Besserung bestimmt werden soll. Liegen keine genauen Vergleichsmessungen vor und nach der Abänderung vor, so hängt die Fest-

s'agit de déterminer le degré d'amélioration obtenu par l'installation d'appareils quelconques destinés à diminuer l'action des trépidations. Lorsqu'il n'y a pas eu de mesures comparatives avant et après cette installation, le montant des dommages-intérêts à fixer dépend, après comme avant, uniquement de l'appréciation personnelle des experts. Mais dès qu'il est possible de mesurer les mouvements du sol,

is particularly prominent when, after arranging possible means for weakening effects of the vibration, the degree of the improvement is to be determined. If there are no exact comparative measurements before and after the alteration, the determination of the claims for damages depends the same as before solely on the opinion of subjectively sensitive experts. But as soon as it si

setzung der Entschädigungsansprüche nach wie vor lediglich von dem Gutachten subjektiv empfindender Sachverständiger ab. Sobald es aber gelingt, die Bodenbewegungen zu messen, dann läßt sich auch bestimmen, in welchem Maße die Schwingungen den Häusern tatsächlich schädlich werden. Neben der tatsächlichen Verringerung der Lebensdauer des betreffenden Gebäudes kann bei der Festsetzung einer Entschädigung nur noch die Gefährdung der Zweckbestimmung in Frage kommen, nicht aber jede kleine und harmlose Zitterbewegung, von der leichtbewegliche Gegenstände um so eher betroffen werden, je mehr das Phänomen der Resonanz zur Geltung kommt.

#### Beschreibung des Instrumentes.

In dem Vertikalschnitt durch die Mittelebene des Instruments (Fig. 1) ist unten das Seismometer, das in Fig. 3 in Ansicht besonders wiedergegeben ist, und darüber, mit ihm durch einen Harmonikabalg verbunden, das Registrierwerk dargestellt. Das durch Querverbindungen versteifte, eiserne Grundgestell *G* des Instrumentes ruht mit drei kräftigen Stellschrauben *S*<sub>1</sub>, *S*<sub>2</sub>, *S*<sub>3</sub>, (s. Fig. 1 sowie den Grundriß in Fig. 2) auf einer starken eisernen Grundplatte *P* von dreieckiger Form, die in möglichst feste Verbindung mit dem Erdboden gebracht wird. Die stationäre Pendelmasse *M* von 12 kg Gewicht besteht aus einem mit Blei ausgegossenen Hohlzylinder aus Messing, der in einem durchgeschnittenen Hohlzylinder *C* liegt und durch die beiden Halbringe *R* angedrückt wird. Der durchgeschnittene Hohlzylinder stellt gleichzeitig das Verbindungsstück zwischen zwei Trägern dar, die durch die massive Achse *a* miteinander verbunden sind. Das ganze System wird durch Kreuzfedern *Fv* und *Fh* in der bekannten Wiechert'schen Anordnung gestützt. Die Schwingungen des

on peut déterminer aussi le degré suivant lequel les oscillations sont réellement nuisibles aux maisons. Outre la réduction effective de la durée du bâtiment en question, il ne saurait s'agir, dans l'estimation d'une indemnité, que du degré suivant lequel le bâtiment est rendu impropre à son usage, et non pas de chaque petite trépidation sans importance qui se transmet d'autant plus facilement aux objets très mobiles, suivant que le phénomène de la résonance se fait sentir.

#### Description de l'instrument.

Dans la coupe verticale par le plan médian de l'instrument (Fig. 1), le sismomètre, dont la fig. 3 représente une vue particulière, est en bas; au-dessus, relié avec le sismomètre par un soufflet d'accordéon, se trouve le mécanisme enregistreur. Le bâti *G* de l'instrument est en fer; il est renforcé par des entretoises et repose par trois fortes vis de calagne *S*<sub>1</sub>, *S*<sub>2</sub>, *S*<sub>3</sub> (voir la fig. 1 ainsi que le plan sur la fig. 2) sur une forte plaque de base en fer *P* de forme triangulaire, qui est reliée aussi solidement que possible avec le sol. Le pendule stationnaire *M*, qui pèse 12 kg, se compose d'un cylindre creux en laiton doublé de plomb, qui se trouve dans un cylindre creux *C* coupé, contre lequel il est pressé par les deux demi-bagues *R*. Le cylindre creux coupé forme en même temps raccord entre deux supports qui sont réunis par l'arbre massif *a*. Tout le système est supporté par les ressorts croisés *Fv* et *Fh* suivant la disposition bien connue. Les oscillations du pendule sont reçues par les bras en laiton *A* et transmises, par un double système de ressorts croisés à lames, au levier en aluminium à bras inégaux. Ce levier s'appuie sur un ressort à lame

possible to measure the movements of the ground there can also be determined to what extent the vibrations become in fact injurious to the houses. Besides the actual reduction of the duration of the respective buildings there can only have to be considered, in fixing the compensation for damages, the endangering of the purpose of the house, but not any small and harmless trembling motion by which movable objects are all the sooner affected, the more the phenomena of resonance become important.

#### Description of the instrument:

In the vertical section through the central plane of the instrument (Fig. 1) the seismometer, which is specially reproduced in Fig. 3) in elevation, is illustrated below, and over it the recording mechanism connected with it by harmonica bellows. The iron base-frame *G* of the instrument, strengthened by cross-pieces, rests with three powerful set-screws *S*<sub>1</sub>, *S*<sub>2</sub>, *S*<sub>3</sub>, (see Fig. 1 and the plan in Fig. 2) on a strong iron triangular base-plate *P* which is connected as firmly as possible with the ground. The stationary pendulum mass *M* weighing 12 kg consists of a brass hollow cylinder containing lead which is in a cut hollow cylinder *C* and pressed together by the two semi-rings *R*. The cut hollow cylinder is simultaneously the connecting member between two girders which are connected together by the massive axle *a*. The entire system is supported in the well-known Wiechert's arrangement by the crossed springs *Fv* and *Fh*. The oscillations of the pendulum are received by the brass arms *A* and imparted by a double system of crossed leaf springs

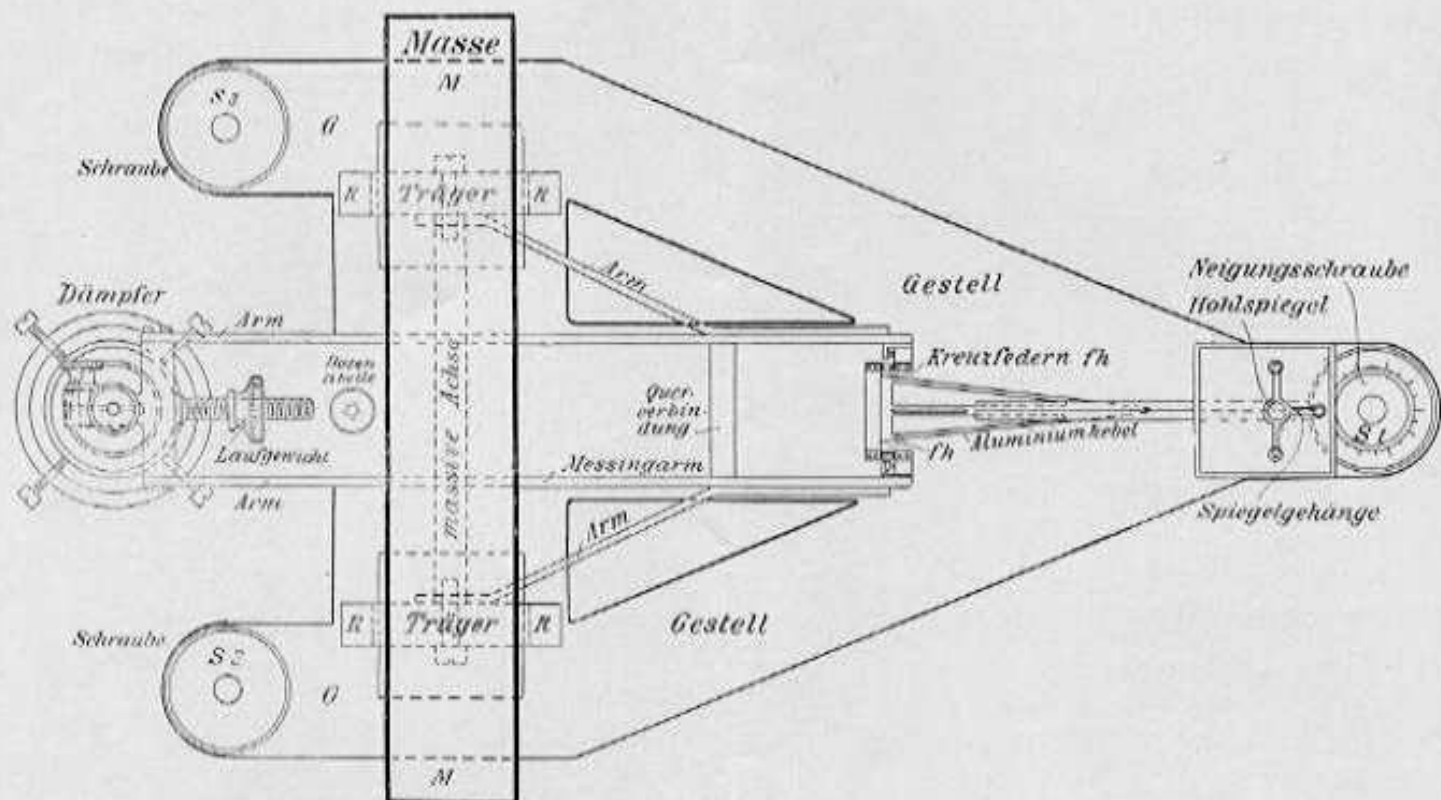


Fig. 2.

Pendels werden von den Messingarmen *A* aufgenommen und durch ein doppeltes System von Kreuzblattfedern auf den ungleicharmigen Aluminiumhebel übertragen; diesen stützt eine Blattfeder *Bo*; Reibung in den Gelenken wird also vermieden. *Bu* und *Bm* sind weitere Blattfedern, die schädliche Spannungen aufnehmen sollen. Die kleine Säule ist in vertikaler Richtung leicht verstellbar.

In den Figuren 1 und 2 ist links eine Dämpfungseinrichtung zu erkennen. Die innere Reibung des Paraffinöls liefert die dämpfende Kraft zur Vernichtung der Eigenschwingungen des Pendels.

Die Wirkungsweise des Instruments ist folgende: Auftretende Bodenverrückungen übertragen sich durch die Grundplatte auf das Gestell und bewegen es in gleicher Richtung. Die stationäre Masse bleibt aber infolge ihrer Trägheit zunächst in Ruhe, d. h. mit anderen Worten: die Pendel-

*Bo*; on évite de cette façon tout frottement dans les articulations. *Bu* et *Bm* sont d'autres ressorts à lame destinés à recevoir les tensions nuisibles. La petite colonne peut être facilement déplacée en hauteur.

Sur les fig. 1 et 2 on peut voir à gauche un dispositif amortisseur. Le frottement intérieur de l'huile de paraffine fournit la force destinée à amortir, en les absorbant, les oscillations propres du pendule.

Le fonctionnement de l'instrument est le suivant: les déplacements du sol qui se produisent se transmettent par la plaque de base au bâti et le déplacent dans le même sens. Mais la masse stationnaire reste d'abord au repos à cause de son inertie, c'est-à-dire en d'autres mots: la masse du pendule se déplace relativement au bâti, mais en sens inverse, en faisant tourner les bras *A* et le levier en aluminium. Le déplacement horizontal

to the aluminium lever having unequal arms; a leaf spring *Bo* supports the latter; consequently friction in the joints is avoided. *Bu* and *Bm* are additional leaf springs which are for taking up injurious tensions. The small column is readily adjustable vertically.

In Figures 1 and 2 a damping device is seen at the left. The internal friction of paraffin oil supplies the damping force for negating the oscillations of the pendulum itself.

The instrument works as follows: — Movements of the ground which occur are transmitted by the base plate to the frame and move it in the same direction. But in consequence of its inertia the stationary mass at first remains at rest, i. e. in other words the pendulum mass moves relatively to the frame but in an opposite direction. Arms *A* and

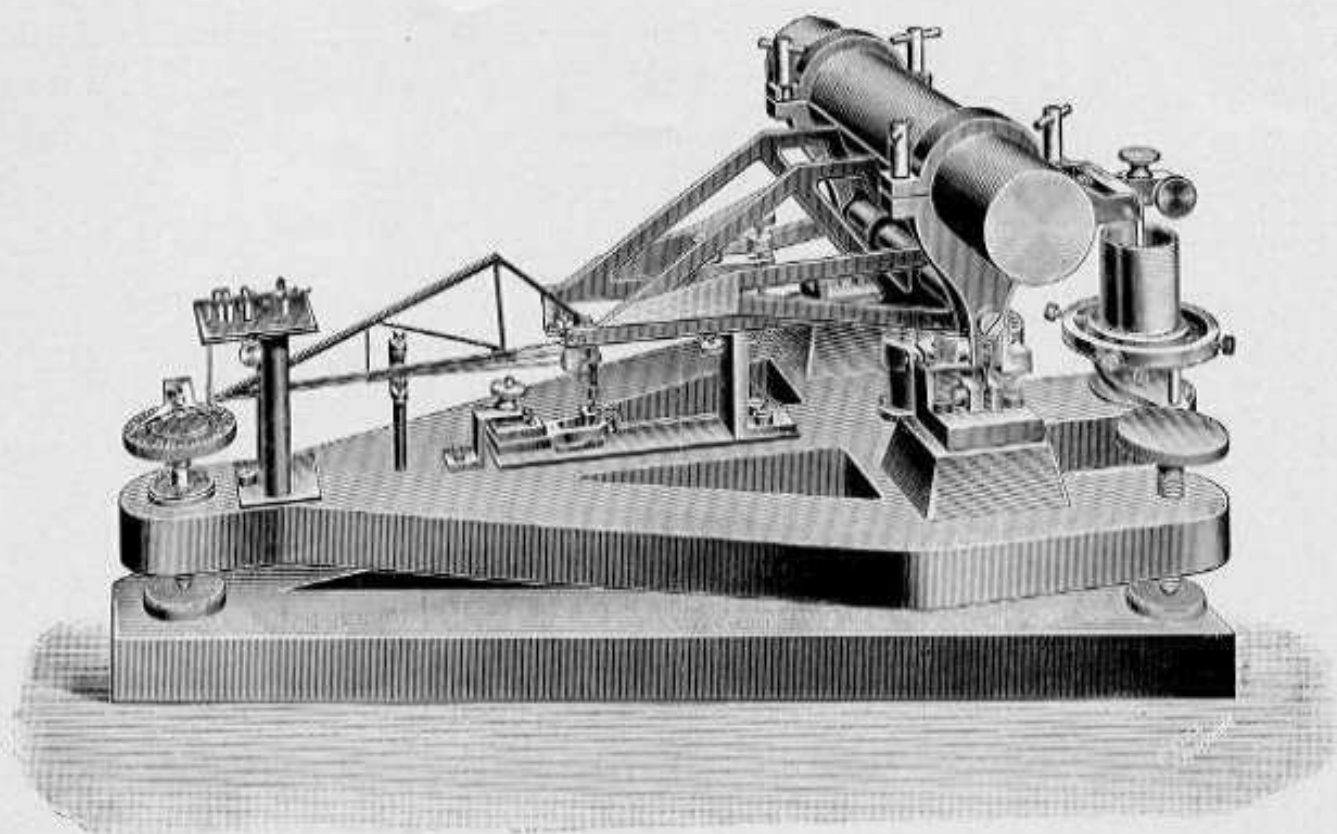


Fig. 3.

masse bewegt sich relativ zum Gestell, aber in entgegengesetzter Richtung. Dabei werden die Arme *A* und der Aluminiumhebel gedreht. Die ursprünglich horizontale Bewegung ist in eine vertikale umgeseht und durch Hebelübersehung 40fach vergrößert worden. In dem Punkte *E* (Fig. 1) wird die mechanische Vergrößerung mit einer optischen verbunden und die vertikale Bewegung in die drehende eines Spiegelgehanges übergeführt. Dieses ruht mit 2 feinen Stahlspitzen in den Achathütchen zweier kleiner Säulen, die von einer feststehenden Platte getragen werden (s. Fig. 4). Eine dritte Spitze steht in dem Hütchen der kleinen Stoßstange, die vom Hebel durch die Platte heraufkommt. Durch geeignete Wahl des Spitzenabstandes kann die Drehung des Spiegels und damit die optische Vergrößerung in weiten Grenzen verändert werden. In der Figur 4 sind

au début est transformé en mouvement vertical; en même temps il est amplifié 40 fois par le levier. Au point *E* (Fig. 1) l'amplification mécanique est jointe à une amplification optique et le mouvement vertical est transformé en mouvement de rotation d'un miroir suspendu. Ce miroir repose par deux fines aiguilles en acier dans les capsules en agate de deux petites colonnes portées par une plaque fixe (voir la fig. 4). Une troisième pointe se trouve dans la capsule de la petite bielle de poussée qui traverse la plaque en venant du levier. La rotation du miroir, et par conséquent l'agrandissement optique, peuvent être réglés dans des limites très étendues par un choix judicieux de l'écartement des points. On peut voir sur la fig. 4 quatre colonnes à des distances de 5, 10, 20 et 40 mm de la troisième pointe.

L'agrandissement optique est déterminé en outre par la longueur

the aluminium lever are therefore turned. The original horizontal motion has been converted into a vertical motion and increased 40 fold by the lever transmission. At the point *E* (Fig. 1) the mechanical enlargement is connected with optical magnifying means and the vertical motion is transformed into the rotary motion of a suspended mirror. This rests with two fine steel points in the agate caps of two small columns carried by a stationary plate (see Fig. 4). A third point is in the cap of the small rod which comes up from the lever through the plate. By suitably selecting the distance between the points the rotation of the mirror and with it the optical enlargement can be varied within wide limits. In fig. 4 four columns are seen at 5, 10, 20 and 40 mm from the third point.

The optical enlargement is determined further by the length of the

4 Säulen in 5, 10, 20 und 40 mm Abstand von der dritten Spitze zu erkennen.

Die optische Vergrößerung wird weiterhin durch die Länge des Lichtweges bestimmt; sie ergibt sich aus dem Quotienten

Lichtweg  
Abstand der Drehachse des Spiegels vom Angriffspunkte.

Man erhält die Gesamtvergrößerung aus dem Produkt der mechanischen und der optischen Vergrößerung. Im vorliegenden Falle beträgt der Krümmungsradius des Hohlspiegels 1000 mm, die Gesamtvergrößerung des Instrumentes ist demnach

$$\frac{40 \cdot 1000 \cdot 2}{40 \text{ bzw. } 20, 10, 5} = 2000, 4000, 8000 \text{ und } 16000 \text{ fach.}$$

Die so berechneten Zahlen geben jedoch nicht die wirkliche Vergrößerung an; es ist noch die resultierende Masse des Gehänges zu berücksichtigen, die durch Rechnung oder Versuch bestimmt werden kann. Sehr einfach ist die Ableitung der Vergrößerung aus der beobachteten Neigungsempfindlichkeit des Instrumentes.

Wenn

$T_0$  die Eigenperiode des Pendels,  
 $L$  seine äquivalente Länge,  
 $V$  die Indikatorvergrößerung,  
 $J$  die Indikatorlänge und  
 $E$  die Neigungsempfindlichkeit in Millimetern für eine Bogensekunde bezeichnen, dann gelten die Beziehungen:

$$\begin{aligned} L &= \left(\frac{T_0}{2}\right)^2 \cdot \frac{g}{\pi^2} \sim \left(\frac{T_0}{2}\right)^2 \\ J &= E \cdot \varrho \quad (\varrho'' = 206\,265'') \\ V &= \frac{J}{L} \end{aligned}$$

$T_0$  wird in Sekunden,  $L$  und  $J$  in Metern,  $E$  in Millimetern gerechnet.

$T_0$  und  $E$  lassen sich unmittelbar beobachten. Bei dem beschriebenen Instrument beträgt die Periode gleich der doppelten Schwingungsdauer annähernd 1 sek., die Neigungsempfindlichkeit je nach der Vergrößerung 1–15 mm für eine

du rayon lumineux: il est donné par le quotient:

chemin parcouru par le rayon lumineux  
distance entre l'axe de rotation du miroir et le point d'attaque.

dissement total est donné par le produit de l'amplification mécanique et de l'agrandissement optique. Dans le cas présent le rayon de courbure du miroir concave est de 1000 mm; l'agrandissement total de l'instrument est donc de:

$$\frac{40 \cdot 1000 \cdot 2}{40, \text{ ou } 20, 10, 5} = 2000, \text{ ou } 4000, 8000 \text{ et } 16000 \text{ fois.}$$

Mais les chiffres ainsi calculés n'indiquent pas l'agrandissement réel il faut encore; considérer la masse résultante de la suspension, qu'on peut déterminer par le calcul ou par l'expérience. Un moyen très simple consiste à déduire l'agrandissement de la sensibilité d'inclinaison observée sur l'instrument.

Si

$T_0$  est la période propre du pendule,  
 $L$  sa longueur équivalente,  
 $V$  l'agrandissement de l'indicateur,  
 $J$  la longueur de l'indicateur et  
 $E$  la sensibilité d'inclinaison en millimètres par seconde d'arc, on a les rapports suivants:

$$\begin{aligned} L &= \left(\frac{T_0}{2}\right)^2 \cdot \frac{g}{\pi^2} \sim \left(\frac{T_0}{2}\right)^2 \\ J &= E \cdot \varrho \quad (\varrho'' = 206\,265'') \\ V &= \frac{J}{L} \end{aligned}$$

$T_0$  est calculé en secondes,  $L$  et  $J$  en mètres et  $E$  en millimètres.

$T_0$  et  $E$  peuvent être observés directement; dans l'instrument décrit la période est égale au double de la durée d'oscillation, soit à peu près une seconde; la sensibilité d'inclinaison est de 1 à 15 mm par seconde d'arc, suivant l'agrandissement.

L'instrument décrit est construit pour enregistrer des oscillations du sol de période et d'amplitude déterminées. Les constantes peuvent être choisies de manière à se

path of light; this is obtained from the quotient

path of light  
distance of the axis of rotation of the mirror from the point of application.

The total enlargement is obtained from the product of the mechanical and optical enlargement. In the present instance the radius of curvature of the hollow mirror is 1000 mm and accordingly the total enlargement of the instrument is

$$\frac{40 \cdot 1000 \cdot 2}{40 \text{ or } 20, 10, 5} = 2000, 4000, 8000 \text{ and } 16000 \text{ fold.}$$

The numbers thus calculated do not give, however, the actual enlargement; the resulting mass of the suspension must be taken into consideration in addition which can be determined by calculation or experiment. It is very easy to derive the enlargement from the sensitiveness of inclination of the instrument.

When

$T_0$  is the own period of the pendulum,  
 $L$  its equivalent length,  
 $V$  the indicator enlargement,  
 $J$  the indicator length and  
 $E$  sensitiveness of inclination in millimetres for one second of arc, the following relations hold good:

$$\begin{aligned} L &= \left(\frac{T_0}{2}\right)^2 \cdot \frac{g}{\pi^2} \sim \left(\frac{T_0}{2}\right)^2 \\ J &= E \cdot \varrho \quad (\varrho'' = 206\,265'') \\ V &= \frac{J}{L} \end{aligned}$$

$T_0$  is calculated in seconds,  $L$  and  $J$  in metres,  $E$  in millimetres.

$T_0$  and  $E$  can be observed directly; in the described instrument the period equal to twice the duration of oscillation is approximately 1 sec., the sensitiveness of inclination according to the enlargement 1–15 millimetres for one second of arc. The described instrument has been built for recording the oscillations of the ground of a certain period and amplitude. The constants can be adapted to suit any purpose.

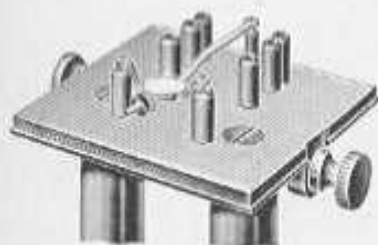
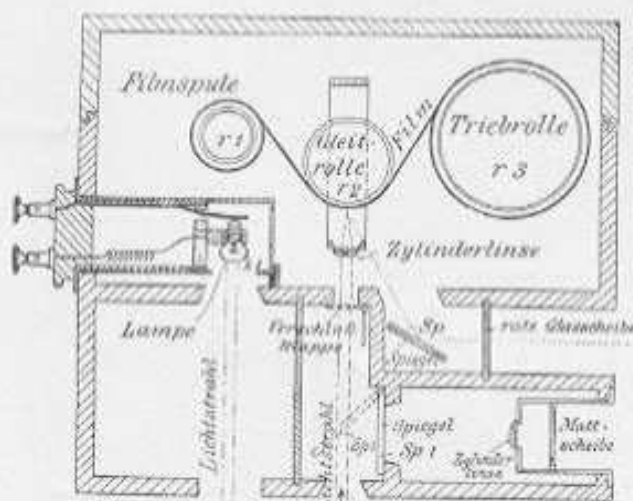


Fig. 4.



Vertikalschnitt durch das Registrierwerk

Fig. 5.

Bogensekunde. Das beschriebene Instrument ist für die Registrierung von Bodenschwingungen bestimmter Periode und Amplitude gebaut worden. Die Konstanten können für jeden Zweck besonders passend gewählt werden.

Die Registrierung der Bewegungen des Lichtpunktes erfolgt auf einem photographischen Film, ähnlich wie bei kinematographischen Apparaten. Von einer 4 Voltlampe ( $L_1$  in Fig. 5) mit geradem Metallfaden, der den Spalt vertritt, fällt ein Lichtstreifen auf den Hohlspiegel  $Hs$  (Fig. 1) und von diesem zurück auf die Zylinderlinse  $Z_1$ , durch deren Brennpunkt der Film seinen Weg nimmt. Der Film läuft von der Spule  $r_1$  (Fig. 5) ab unter der Gleitrolle  $r_2$  her und wird dann von der Triebrolle  $r_3$  aufgerollt. Diese wird durch ein Uhrwerk gedreht, dessen Energie in einer kräftigen Bandfeder aufgespeichert ist; die Registriergeschwindigkeit kann durch verschiedene Uebersetzungen und durch Regulierung des Luftwiderstandes zwischen 0,5 und 100 m in 1 sek gewählt werden, sodaß auch die kürzesten Schwingungen noch zur Auflösung gelangen. Der Film wird sich im allgemeinen nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fortbewegen,

prêter particulièrement à chaque usage.

Les déplacements du point lumineux sont enregistrés sur une pellicule photographique, comme dans les appareils cinématographiques. Une lampe de 4 volts ( $L_1$  dans la fig. 5) à filament métallique droit, qui remplace la fente, envoie un rayon lumineux sur le miroir concave  $Hs$  (fig. 1) qui le renvoie sur la lentille cylindrique  $Z_1$ , au foyer de laquelle passe la pellicule photographique. Cette pellicule se déroule sur la bobine  $r_1$  (fig. 5) sous le galet de guidage  $r_2$  et s'enroule sur la bobine  $r_3$ . Celle-ci, qui porte un pignon, est entraînée par un mouvement d'horlogerie dont l'énergie est emmagasinée dans un fort ressort à ruban. On peut faire varier la vitesse d'enregistrement de 0,5 à 100 mm par seconde, au moyen de plusieurs rapports de transmission et par le réglage de la résistance de l'air, de sorte que les plus petites oscillations peuvent encore être enregistrées. La pellicule ne se déplacera généralement pas avec un mouvement uniforme, parce que la tension du ressort diminue graduellement, et parce que les résistances de frottement totales varient constamment. C'est pourquoi il a fallu indiquer des marques spéciales pour les temps.

The motions of the point of light are recorded on a photographic film similarly as in kinematographic apparatus. A strip of light falls from a 4 volt lamp  $L_1$  in fig. 5) having a straight metallic filament, which represents the slit, onto the hollow mirror  $Hs$  (Fig. 1) and from this back on to the cylindrical lens  $Z_1$ , through the focus of which the film passes. The film runs from the spool  $r_1$  (Fig. 5) under the roller  $r_2$  and is then rolled up by the driving roller  $r_3$ . The latter is driven by clockwork whose energy is stored in a powerful ribbon spring; the recording speed can be selected between 0,5 and 100 mm per sec. by means of different ratios of transmission and by regulating the air resistance, so that even the shortest vibrations are disintegrated. In general the film will not be driven uniformly because the tension of the clockwork spring gradually diminishes and the total frictional resistances continually vary. Therefore it was necessary to mark special times. The light of the lamp  $L_1$  (Fig. 1) is thrown by the fixed hollow mirror  $Hf$  on to the same cylindrical lens which also allows the movable ray of light to pass; thus a base line is produced on the film besides the curve. A chronometer



weil die Spannung der Uhrfeder allmählich nachläßt und die gesamten Reibungswiderstände sich fortgesetzt ändern. Deshalb war die Auftragung besonderer Zeitmarken notwendig. Das Licht der Lampe  $L_2$  (Fig. 1) wird von dem festen Hohlspiegel  $Hf$  auf dieselbe Zylinderlinse geworfen, die auch den beweglichen Lichtstrahl durchläßt; neben der Kurve entsteht so auf dem Film eine Basislinie. Ein Chronometer mit Sekundenkontakt öffnet und schließt periodisch den Stromkreis der Lampe  $L_2$ , so daß die Basislinie in regelmäßigen Abschnitten unterbrochen wird (vergl. die Diagramme auf Seite 14 und 15).

Da die Registrierung photographisch ist, so muß das Außenlicht abgeschlossen werden. Der Ueberdeckungskasten steht aber an keiner Stelle mit dem Pendel in Verbindung, und auch der lichtabschließende Lederbalg überträgt keine Erschütterungen vom Uhrwerk des Registrierapparates auf das Instrument; zu demselben Zwecke sind die Füße des Stativs mit Gummiplatten belegt.

In dem Registrierkasten ist ein drehbarer Planspiegel  $Sp_1$  (s. Fig. 5) angebracht, der während der Aufnahme senkrecht steht und dann als Verschlusklappe dient. Nach Drehung des Spiegels um  $45^\circ$  wird der von unten eintreffende Lichtstrahl rechtwinkelig abgelenkt und fällt durch die Zylinderlinse als Punkt auf die Mattscheibe, auf der man die Bewegungen des Lichtpunktes mit dem Auge verfolgen kann. Die Möglichkeit, gleichzeitig zu photographieren und zu beobachten ist ebenfalls gegeben. Während nämlich der Lichtpunkt auf dem Film schreibt, spiegelt er sich in dem Planspiegel  $Sp_1$  wieder, sodaß er durch die rote Glasscheibe von außen her beobachtet werden kann.

Der Registrierapparat ist auf dem Teller des Stativs senkrecht zur Schwingungsebene des Pendels verschiebbar, ferner läßt die Schraube  $S_1$  Neigungen der Spiegelnormalen

La lumière de la lampe  $L_2$  (Fig. 1) est renvoyée par un miroir concave fixe  $Hf$  sur la même lentille cylindrique qui reçoit aussi le rayon lumineux mobile; de cette façon une ligne de base est projetée sur la pellicule à côté de la courbe. Un chronomètre avec contact à secondes ouvre et ferme périodiquement le circuit de la lampe  $L_2$ , de sorte que la ligne de base est interrompue à intervalles réguliers (voir les diagrammes de la page 14 et 15).

Comme l'enregistrement est photographique, il faut que la lumière extérieure ne puisse pas entrer. Mais la boîte de recouvrement n'est reliée en aucun endroit avec le pendule, et le soufflet en cuir qui empêche la lumière d'entrer ne transmet à l'instrument aucune trépidation du mouvement d'horlogerie de l'appareil enregistreur non plus. Dans le même but les extrémités du pied reposent sur des plaques en caoutchouc.

A l'intérieur de la boîte d'enregistrement se trouve un miroir plan tournant  $Sp_1$  (voir la fig. 5) qui est vertical pendant la pose et qui sert de volet de fermeture. Lorsque ce miroir a tourné de  $45^\circ$ , le rayon lumineux qui vient d'en bas est dévié à angle droit et vient former un point sur le verre dépoli, après avoir traversé la lentille cylindrique. On peut donc suivre les mouvements du point lumineux à l'oeil nu sur le verre dépoli. On peut également observer et photographier en même temps. En effet, en même temps que le rayon lumineux s'imprime sur la pellicule, il se reflète sur le miroir plan  $Sp_1$ , de sorte qu'on peut l'observer à l'extérieur à travers le verre rouge.

L'appareil enregistreur peut être déplacé sur le plateau du pied, perpendiculairement au plan d'oscillation du pendule; en outre la vis  $S_1$  permet aux normales du miroir de prendre des inclinaisons dans le plan d'oscillation, de sorte que la possibilité de ces deux mouvements réunit

having second contacts opens and closes the circuit of lamp  $L_2$  periodically so that the base line is interrupted at regular intervals (comp. the diagrams on page 14 and 15).

As the recording is photographic daylight must be shut out. The enclosing box, however, is not connected at any place with the pendulum and the light-tight leather bellows transmit no vibrations from the clockwork of the recording apparatus to the instrument; the feet of the stand are covered with india-rubber disks for the same purpose.

In the recording box is arranged a revoluble plane mirror  $Sp_1$  (see Fig. 5) which is vertical during the exposure and then serves as a closure cap. After rotating the mirror  $45^\circ$  the ray of light arriving from below is deflected at right angles and falls through the cylindrical lens as a point on the matt disk on which the motions of the point of light can be followed by the eye. The possibility of simultaneously photographing and observing is likewise afforded. Namely whilst the point of light writes on the film, it is reflected in the plane mirror  $Sp_1$  so that it can be observed from the outside through the red pane of glass.

The recording apparatus is movable at right angles to the plane of oscillation of the pendulum on the plate of the stand, also the screw  $S_1$  admits of inclinations of the mirror standards in the plane of vibration, so that the possibility of the two motions almost unites the advantages of displacement of a transversely moving chariot. The point which is sought with so much difficulty otherwise is found here rapidly, and likewise the entire manipulation of the instrument is convenient and easy. The clockwork can be started from the outside and a counter shows the rotations of the driving roller and the winding-off of the film. After

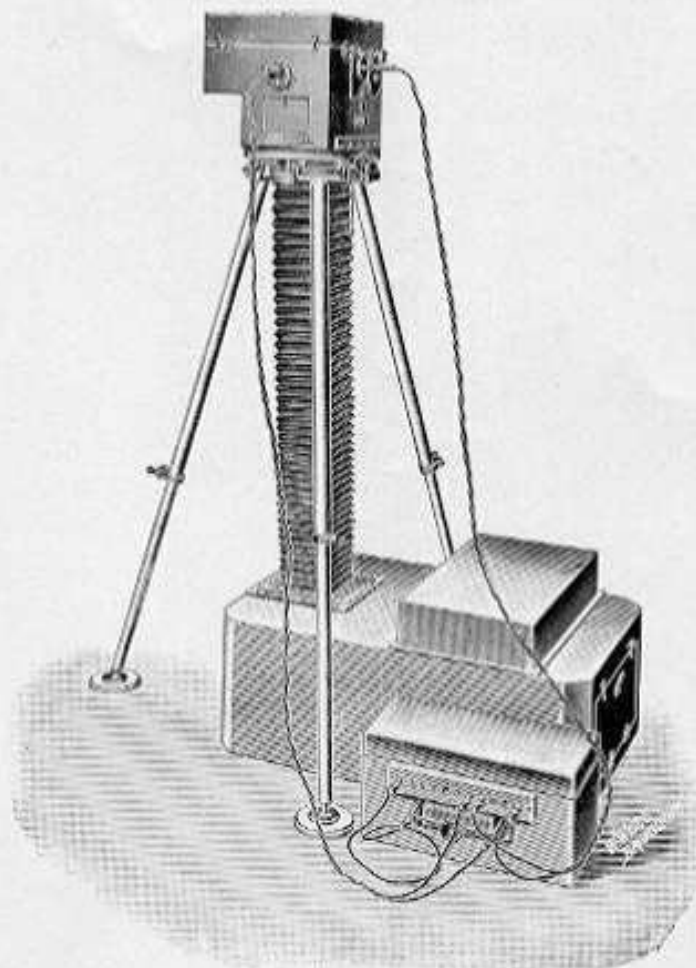


Fig. 6.

in der Schwingungsebene zu, sodaß die Möglichkeit beider Bewegungen nahezu die Vorzüge einer Kreuzschlittenverschiebung vereinigt. Das sonst so schwierige Aufsuchen des Lichtpunktes geht hier schnell vonstatten, ebenso ist die ganze Handhabung des Instrumentes bequem und leicht. Das Uhrwerk läßt sich von außen in Gang setzen, und ein Zählwerk zeigt die Umdrehungen der Triebrolle, bzw. den Ablauf des Filmstreifens an. Nach beendeter Registrierung wird der belichtete Film auf seine Spule zurückgedreht, die dann bei Licht ausgewechselt werden kann.

Für dauernde Beobachtungen dient ein besonderes Registrierwerk mit lichtempfindlichem Papier.

Aus etwa 50 Beobachtungen, die der Leiter der Erdbebenwarte in Bochum, Herr Markscheider Mintrop, an zahlreichen Punkten mit dem Instrument angestellt hat, ergab sich

presque les avantages d'un déplacement par glissières croisées. La recherche du point lumineux, qui est si difficile ailleurs, se fait ici très rapidement; en outre tout le manient de l'appareil est facile et commode. Le mouvement d'horlogerie peut être mis en marche par l'extérieur. Un compteur indique le nombre de tours de la bobine qui entraîne la pellicule, c'est-à-dire le dévidement de cette dernière. Lorsque l'enregistrement est terminé, on enroule la pellicule exposée sur sa première bobine, qu'on peut alors changer en pleine lumière.

Un mécanisme enregistreur spécial avec du papier sensible à la lumière sert pour les observations permanentes.

Le directeur de l'observatoire sismique de Bochum, Mr. le géomètre souterrain Mintrop, a fait avec cet instrument, en de nombreux endroits, environ 50 observations dont il

the record is finished the exposed film is wound back on to its spool which can then be exchanged in the light.

For continuous observations a special recording mechanism having sensitive paper is used.

From about 50 observations which the Principal of the earthquake observatory at Bochum, Mr. Markscheider Mintrop, made at numerous points with the instrument, the average duration of erecting up to commencing recording was only 13 minutes.

Pages 14 and 15 give a number of seismograms, which have been taken by Mr. Markscheider Mintrop.

The picture of the cannon-shot (Fig. 3) was recorded on the Wahn Heide where extensive observations were made as to the shaking action of firing ordnance and bursting shells. It was a matter of answering the question to what extent the houses

die mittlere Dauer einer Aufstellung bis zum Beginn der Registrierung zu nur 13 Minuten.

Auf Seite 14 und 15 ist eine Anzahl von Seismogrammen wiedergegeben, die von Herrn Markscheider Mintrop aufgenommen worden sind.

Das Bild des Kanonenschusses (Fig. 3) ist in der Wahner Heide registriert, wo ausgedehnte Beobachtungen über die Schütterwirkungen feuernder Geschütze und krepierender Geschosse stattfanden. Es handelte sich um die Beantwortung der Frage, in welchem Maße die an den Schießplatz angrenzenden Häuser durch die beim Schießen hervorgerufenen Bodenbewegungen und Lufterschütterungen zu leiden haben.

In Fig. 4 ist ein „kleines künstliches Erdbeben“ dargestellt, das die Wirkung eines Fallwerkes auf den Erdboden darstellt. Ein solches ließ Herr Markscheider Mintrop am Geophysikalischen Institut auf dem Hainberg bei Göttingen errichten und stellte eingehende Versuche damit an, um das Verhalten der Erdbebenwellen in unmittelbarer Nähe des Herdes und in Abhängigkeit von geologischen Verhältnissen zu untersuchen. Das fallende Gewicht bestand aus einer von der Firma Friedr. Krupp in Essen zur Verfügung gestellten 4000 kg schweren Stahlkugel, die an einem Gerüst ca. 15 m hochgezogen werden konnte. Eine einfache Auslösevorrichtung gewährte die Möglichkeit, das Gewicht zu beliebiger Zeit fallen zu lassen, wonach dasselbe auf den festen Trochitenkalk des oberen Muschelkalkes aufschlug und das Massiv des Hainberges etwa 5 sek lang in Schwingungen versetzte, die noch in etwa 2 km Entfernung registriert werden konnten. Bei dem Aufschlag wurde allerdings eine kinetische Energie von rund 60000 mkg vernichtet, und das Seismometer schrieb mit 50000 facher Vergrößerung. Die

résulte que la durée moyenne du montage jusqu'au commencement de l'enregistrement a été de 13 minutes seulement.

Page 14 et 15 montre une série de sismogrammes, lesquels ont été relevés par Mr. le géomètre Mintrop.

L'image du coup de canon (fig. 3) a été prise dans la lande de Wahn, où ont été faites de nombreuses observations sur les trépidations produites par le feu des pièces d'artillerie et par l'éclatement des projectiles. Il s'agissait de savoir jusqu'à quel point les maisons du village d'Altenrath, qui est voisin du champ de tir, ont à souffrir des ébranlements de l'air et des mouvements du sol produits par le tir des pièces.

La fig. 4 représente un petit „tremblement de terre artificiel“, qui montre l'action d'un mouton sur le sol. Mr. le géomètre Mintrop en fit établir un à l'institut géo-physique sur le Hainberg près de Goettingue et il fit avec ce mouton des essais minutieux pour étudier la façon dont se comportent les ondes des mouvements terrestres à proximité immédiate du foyer et en corrélation avec les conditions géologiques. Le poids était formé par une sphère en acier de 4000 kg, que la maison Friedr. Krupp à Essen avait eu l'obligeance de prêter pour la circonstance; cette sphère était montée sur une charpente permettant de l'élever jusqu'à une hauteur de 15 m. Un simple déclat permettait de laisser tomber ce poids à volonté. Il tombait alors sur le calcaire trochitique dur du calcaire à coquillages supérieur et imprimait au massif du Hainberg, pendant 5 secondes, des oscillations assez fortes pour pouvoir encore être enregistrées à une distance d'environ 2 km. La chute du poids représentait il est vrai une dépense d'énergie cinétique de 60.000 mkg en chiffres ronds, et le sismomètre enregistrait avec une amplification de 50.000 fois.

adjoining the shooting ground suffered owing to the movements of the ground and vibrations of the air caused by shooting.

In Fig. 4 a small „artificial earthquake“ is illustrated, showing the effect of a falling weight on the ground. Such an apparatus was put up by Mr. Markscheider Mintrop at the Geophysical Institute on the Hainberg near Göttingen, who made extensive experiments with the same in order to investigate the way of acting of the earthquake waves in the immediate vicinity of the central seat, and in dependency on geological conditions. The falling weight consisted of a steel ball weighing 4000 Kgs which could be raised on a scaffold of about 15 m and which weight the firm Friedrich Krupp of Essen willingly placed at disposal. A simple releasing-device enabled the weight to fall at an optional time, after which it fell on the hard trochite limestone of the upper shell-limestone and set the massive Hainberg in vibration for about 5 secs. the vibrations being large enough to be recorded at a distance of about 2 km. At the impact, it is true, kinetic energy of about 60000 mkg. was destroyed and the seismometer recorded with 50000 fold enlargement. The greatest motion of the ground amounted at a distance of 500 m (Fig. 4) to 0,0004 mm and the appertaining acceleration to 25 milligal; this shaking was, of course, harmless.

Fig. 5 contains a diagram of the vibrations at 400 m from the electricity works. The direction of oscillation of the pendulum was slantwise to the direction of operation of the engine.

Corresponding to its purpose the instrument is constructed as a portable instrument but can be converted for permanent registration into a station instrument especially for earthquakes not far away (for this,

größte Bodenbewegung betrug in 500 m Entfernung (Fig. 4) 0,0004 mm, die zugehörige Beschleunigung 25 Milligal; die Erschütterung war natürlich unschädlich.

Fig. 5 enthält ein Diagramm der durch eine Großgasmaschine hervorgerufenen Schwingungen in 400 m Entfernung vom Elektrizitätswerk. Die Schwingungsrichtung des Pendels lag schief zur Arbeitsrichtung der Maschine.

Das Instrument ist seiner Bestimmung entsprechend als Reiseinstrument gebaut, kann aber auch zu dauernder Registrierung als Stationsinstrument, insbesondere für sehr nahe Erdbeben, verwandt werden (hierzu dient ein besonderes Registrierwerk). In zwei Hauptmannskoffern findet das ganze Aggregat Platz, sodaß für den Transport ein einfacher Handwagen oder eine Droschke genügt. Für den Eisenbahntransport werden die Koffer in eigens dazu hergestellten Kisten mit starker Auspolsterung untergebracht, um die empfindlichen Teile vor Beschädigungen zu bewahren.

(Die vorstehenden Ausführungen und die Abbildungen sind entnommen aus: „Glückauf“, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift 1909 No. 11 u. 12. Essen-Ruhr).

**Preis Mk. 1750.—**

La plus grande trépidation du sol à une distance de 500 m (fig. 4) était de 0,0004 mm, et l'accélération correspondante 25 milligals; les secousses étaient naturellement inoffensives.

La fig. 5 contient un diagramme des oscillations à une distance de 400 m de l'usine d'électricité. La direction des oscillations du pendule faisait un angle avec la direction de la marche de la machine.

Conformément à l'usage auquel il est destiné, l'instrument est construit pour servir d'instrument de voyage, mais il peut être employé aussi comme instrument stationnaire pour des enregistrements permanents, notamment pour enregistrer des tremblements de terre très rapprochés (pour cela il est muni d'un mécanisme enregistreur spécial). Tout l'instrument peut être logé dans deux cantines de capitaine, de sorte qu'une simple charrette à bras ou un fiacre suffisent pour le transporter. Pour le transport par chemin de fer les cantines sont emballées dans des caisses spéciales fortement capitonnées, de manière à protéger les pièces délicates contre toute détérioration.

(La description et les gravures qui précèdent sont extraites de „Glückauf“, revue des Mines et de la Métallurgie — 1909, Nos. 11 et 12, Essen s/Ruhr.)

**Prix Mk. 1750.—**

special recording mechanism is used). The entire instrument can be put into two captain's trunks so that for its transport a simple hand-cart or a cab suffices. For conveyance by train the trunks are put into specially made cases which will be upholstered for preserving the sensitive parts from injury.

(The above description of the instrument and the illustrations have been taken from „Glückauf“, a periodical for Mining and Metallurgy 1909, Nos. 11 and 12, Essen, Ruhr).

**Price Mk. 1750.—**

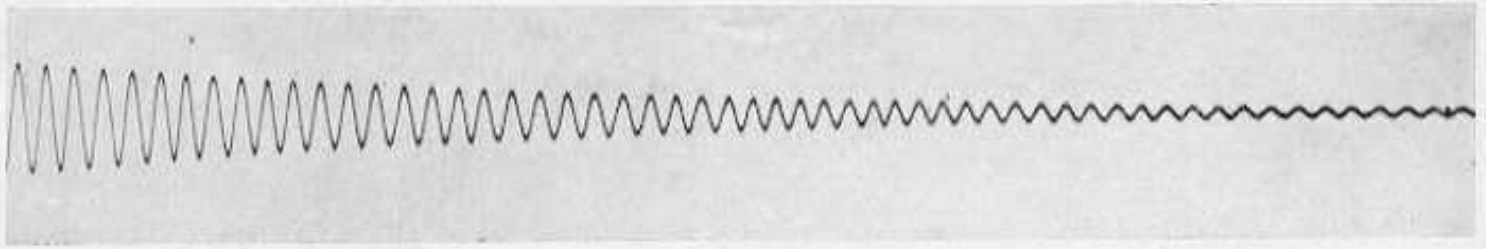


Fig. 1. Originalbild der ungedämpften Schwingungen des Seismographen für schnelle Bodenbewegungen (System E. Wiechert-L. Mintrop) bei kleiner Registriergeschwindigkeit, etwa 3 mm/sek. und 2000facher Vergrößerung. Die obere gerade Linie dient als Basis und zur Aufnahme der Zeitmarken; vgl. Fig. 2. Eigenperiode  $T_0 = \sim 1$  sek.

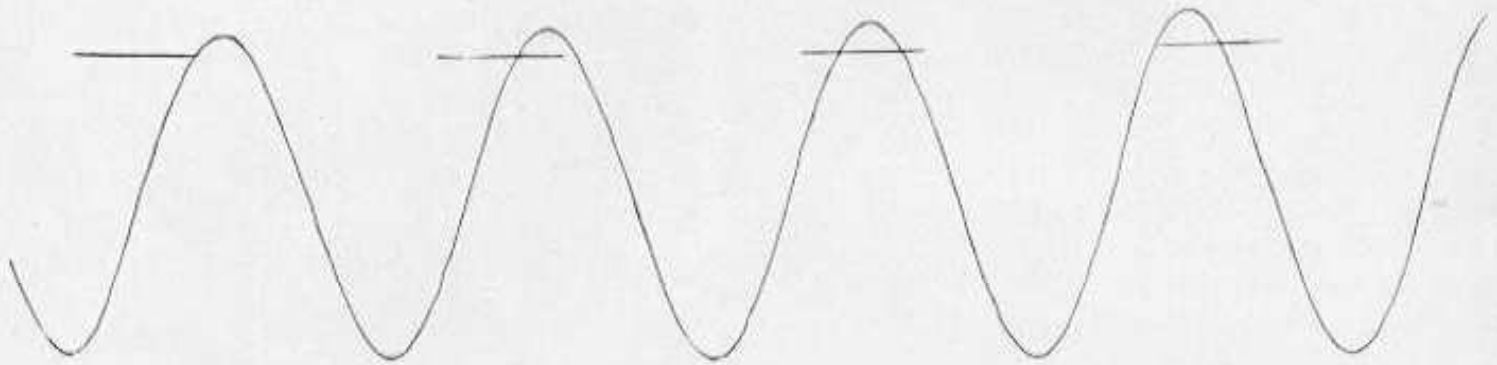


Fig. 2. Originalbild der ungedämpften Schwingungen bei 2000facher Vergrößerung und großer Registriergeschwindigkeit, 40 mm/sek. Die Basislinie ist durch ein Chronometer unterbrochen; der Abstand zwischen zwei Strich-Anfängen oder -Enden ist gleich 1 sek.

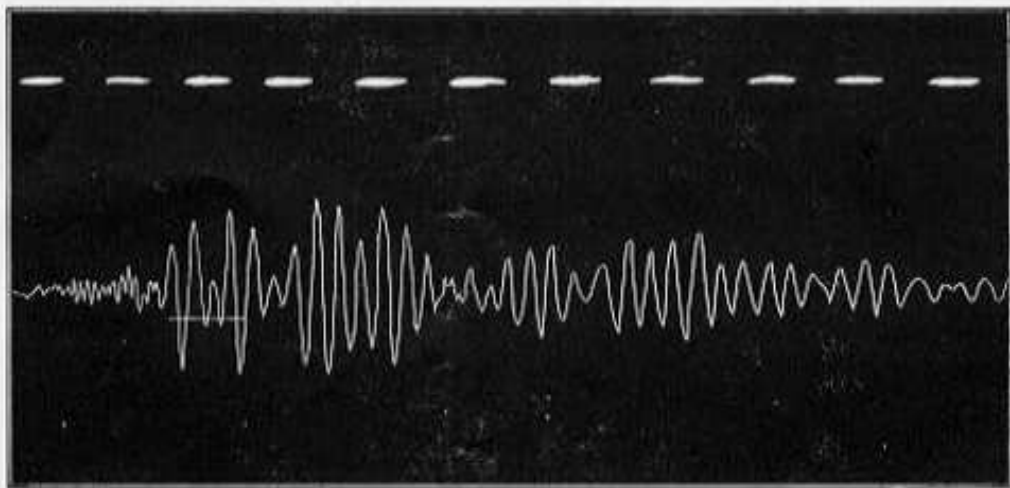


Fig. 3. Originalbild der Bodenbewegungen durch ein krepierendes Geschöß. Vergrößerung 20000 fad; Entfernung 2 km; Zeitmarken wie in Figur 2.

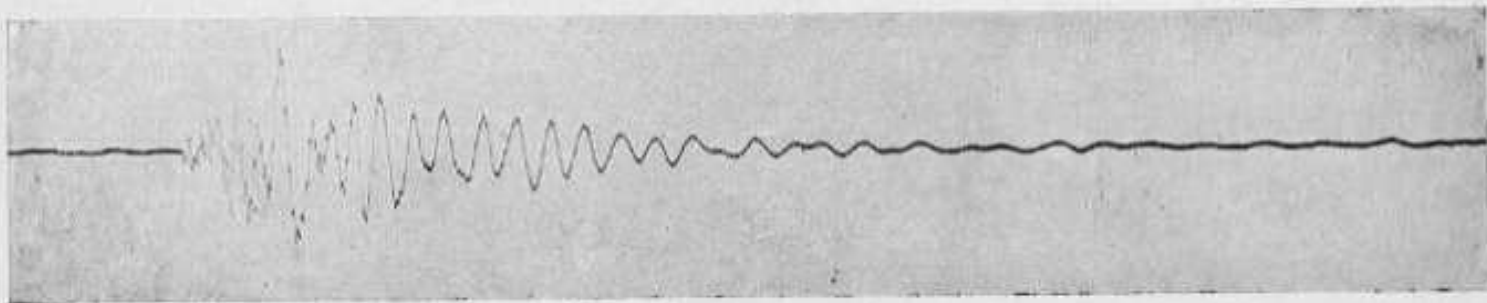


Fig. 4. Originalbild der Bodenbewegungen durch ein freifallendes Gewicht. Vergrößerung 50000 fach; Entfernung 500 m.



Fig. 5. Originalbild der durch eine Großgasmaschine verursachten Bodenschwingungen. Vergrößerung 12000 fach; Entfernung von der Maschine 400 m.



inv. n. 13583/BA0A

Druck von Friedrich Haensch, Göttingen.