Gravimetrische Feinmessungen zum Zwecke der Erdforschung [Schluss]

Autor(en): **Berroth, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières**

Band (Jahr): **30 (1932)**

Heft 6

PDF erstellt am: **01.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-193377

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

SCHWEIZERISCHE
Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik
ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS
REVUE TECHNIQUE SUISSE DES MENSURATIONS ET AMÉLIORATIONS FONCIÈRES
ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES

Redaktion: Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)
Ständiger Mitarbeiter für Kulturtechnik: Dr. H. FLUCK, Dipl. Kulturingenieur, Villa Lepontia, Bellinzona-Ravecchia. — Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats.
Expedition, Inseraten- und Abonnements-Annahme:
BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORM. G. BINKERT, WINTERTHUR

Erscheinend am 2. Dienstag jeden Monats Inserate: 50 Cts. per 1spaltige Nonp.-Zeile	No. 6 des XXX. Jahrganges der „Schweiz. Geometerzeitung". 14. Juni 1932	Abonnemente: Schweiz . . . Fr. 12.— jährlich Ausland . . . „ 15.— „ Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz. Geometervereins

Gravimetrische Feinmessungen zum Zwecke der Erdforschung.

Von Prof. Dr. Ing. *A. Berroth*-Aachen.

(Schluß.)

Ausrüstung eines Meßtrupps.

1 Passage-Instrument oder ein Zenitteleskop,
1 Chronometer,
1 Zelt, 1 Pfeiler mit Bodenplatte, 1 Tretboden aus Holz,
1 Theodolit, Meßbänder, Fluchtstäbe,
1 Lastauto.

Personal: 1 Astronom, 1 Geometer, 2 Meßgehilfen.

Arbeitsquantum bei Fehlen von Wetterstörungen 15 Stationen monatlich.

In den folgenden Bildern sind zuerst dargestellt die Linien gleicher Schwereanomalien in der Komponente g_x, wenn eine kugelförmige schwerere oder leichtere Masse unter der Oberfläche liegt.

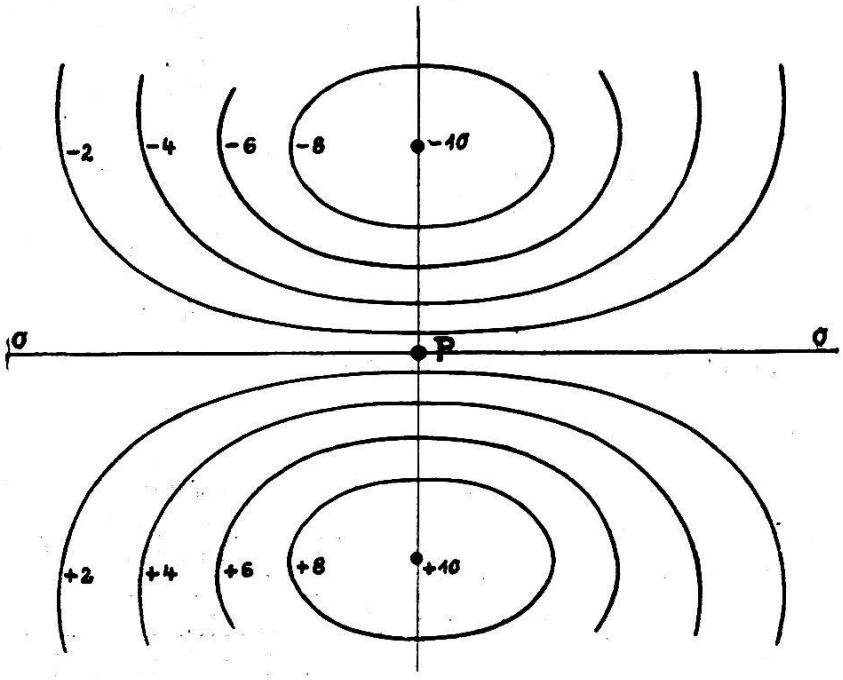

Fig. 4a.

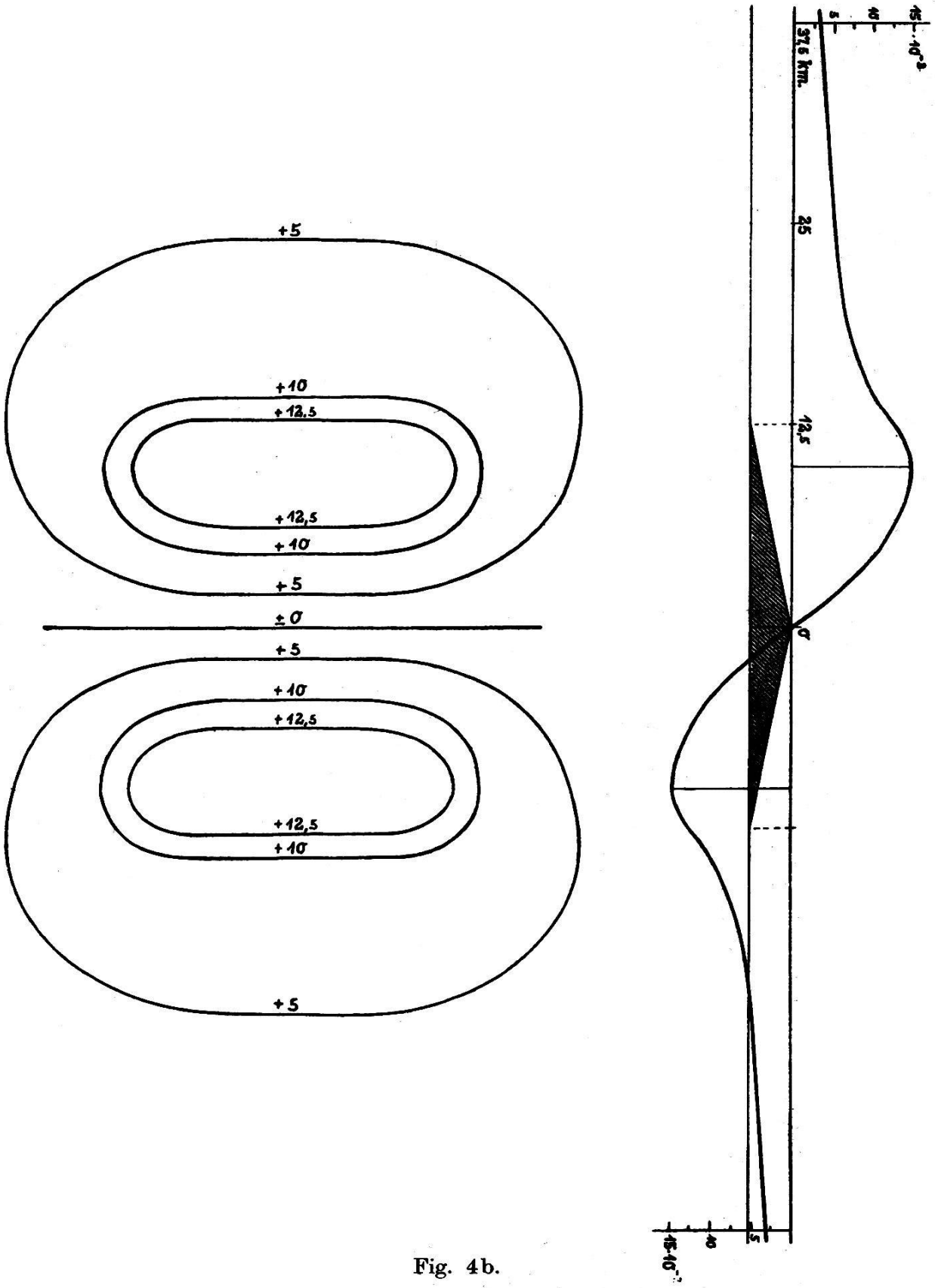

Fig. 4b.

Im zweiten Falle, wenn eine Antiklinale mit dem Dichteunterschied 0,27 gegen die Umgebung vorhanden ist. Die letztere Rechnung bezieht sich auf eine Störung, deren höchste unterirdische Erhebung 2500 m, deren Basis 25 km beträgt.

Selbst bei einem Dichteunterschied von nur 0,1 wäre die Antiklinale noch gut ausmeßbar.

III. *Statische Schweremesser* beruhen auf dem Prinzip, daß mit der Schwere eine möglichst konstante andere Kraft, z. B. die Elastizität, im Gleichgewicht sein soll. An solchen Apparaten wird gearbeitet, jedoch ist eine in Genauigkeit vollkommen befriedigende Ausführung bis jetzt noch nicht bekannt geworden. Am brauchbarsten erscheint zur Zeit das Prinzip von *F. Holweck* und *P. Lejay*-Paris.

IV. *Die Eötvös'sche Drehwage* mißt einen Teil der Aenderungen der Schwerekomponenten g_x g_y g_z, wenn man in der xy-Ebene seinen Standpunkt um geringe Beträge verändern würde, genauer ausgedrückt:

a) Sie mißt die Geschwindigkeit der Auflockerung der Niveauflächen nach den Seiten oder anders ausgedrückt den Kontingenzwinkel der Kraftlinie, somit den Krümmungsradius der Kraftlinie.

$$g \cdot h = C$$

$$(g + dg)\,(h + dh) = C$$

$$\frac{dh}{h} = -\frac{dg}{g}$$

$$\frac{dh}{dx} = -\frac{h}{g}\frac{dg}{dx}$$

$$\frac{1}{r} = -\frac{1}{g}\frac{dg}{dx}$$

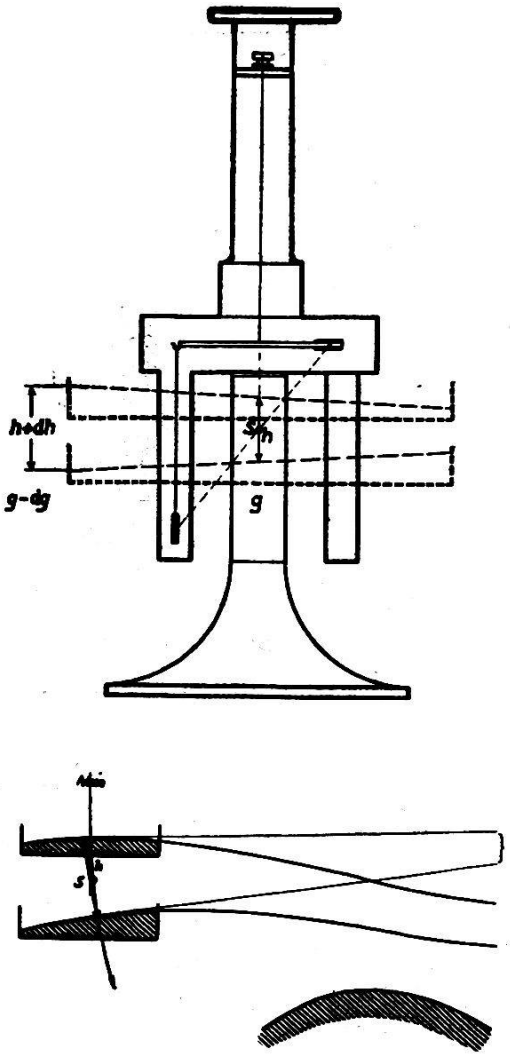

Fig. 5.

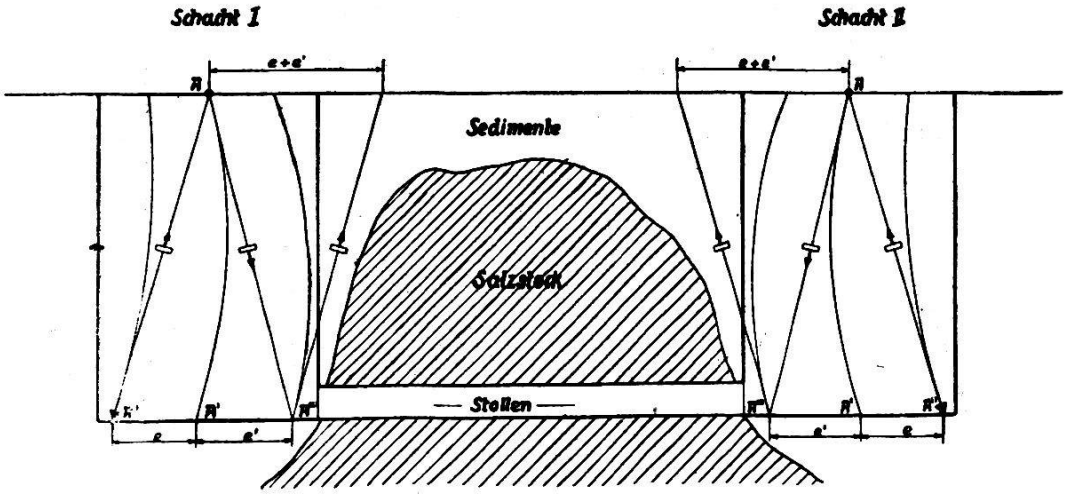

Fig. 6a.

Zwei Lotungen in einem Schacht.

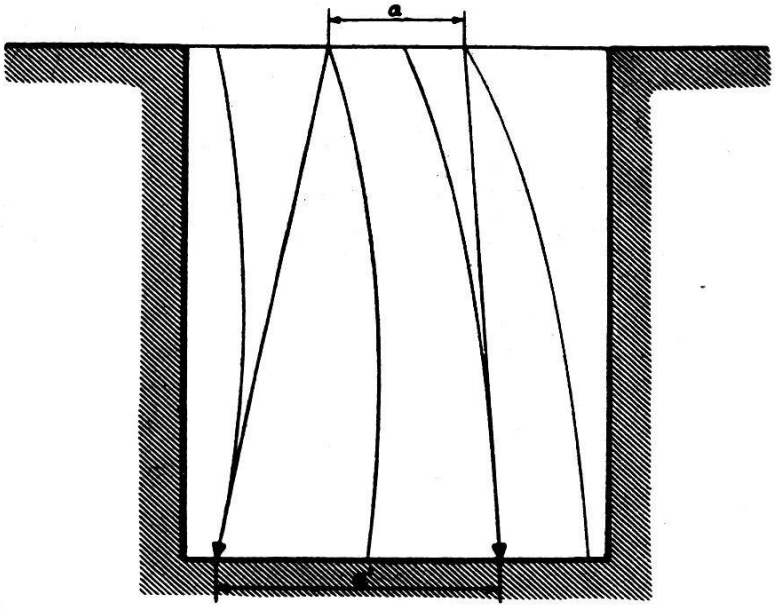

Fig. 6b.

Beispiel für die Kraftlinien in einem Schacht. Die Kraftlinien sind doppelt gekrümmte Kurven. Das Bild stellt die Projektion dieser Kurven auf eine Ebene dar. Es zeigt ferner den Unterschied zwischen Lotungen, die mit einem Gewicht (Senkel), mit Libelle und mit freifallendem Gewicht vorgenommen werden. In einem 1000 m tiefen Schacht können sich bei Annahme eines längs der ganzen Lotlinie gleichmäßigen Kontingenzwinkels, der zu einem $\frac{dg}{dx} = 50 \cdot 10^{-9}$ gehört, die mittels Gewichtes und mittels Libelle vorgenommenen Lotungen um 1″ unterscheiden.

b) Die Drehwage mißt außerdem in der Niveaufläche durch den Schwerpunkt den Unterschied der Hauptkrümmungen mit einer Ge-

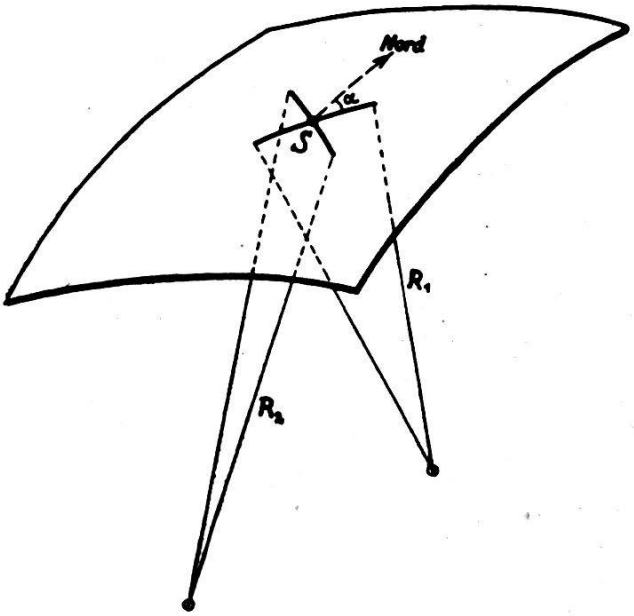

Fig. 7.

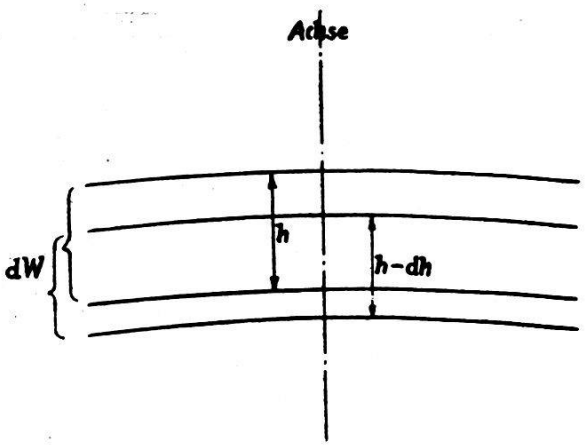

Fig. 8.

nauigkeit von 4 km und die Lage der Hauptkrümmungen (aber nicht die Größe der Hauptkrümmungen).

V. *Apparat zur Messung von* $\frac{d_g}{d_z}$ (Gegenstück zur Eötvös'schen Wage) muß anzeigen die Geschwindigkeit der Auflockerung der Niveaufläche nach der Tiefe, gemessen in der Achse, und zwar mit derselben Genauigkeit, wie der vorhergehende Apparat, nämlich $1 \cdot 10^{-10}$ %. Dieser Apparat ist noch nicht erfunden. Die Schwierigkeiten betragen hierbei ein Vielfaches wie bei den bekannten Apparaten. Mit Kenntnis dieser Größe würde jedoch das Potential an jedem Ort vollständig meßbar sein.

B. *Die zeitlichen Veränderungen der Niveauflächen.*

Wir unterscheiden periodische und unperiodische Veränderungen, die in zeitlichen Aenderungen der absoluten und relativen Neigung der Niveauflächen und Aenderungen ihrer Abstände bestehen. Die Ursache der zeitlichen Veränderungen ist einmal die Anziehung von Sonne und Mond, sodann die Wärmewirkung der Sonne.

Wir betrachten nur Beobachtungsstationen, die auf dem Festland liegen und unterscheiden dabei *primäre* und *sekundäre* Wirkungen. Die hauptsächlichste primäre Wirkung beruht auf der Flutkraft der genannten Himmelskörper, die bekanntlich in eine große Anzahl einfacher harmonischer Funktionen: $A \cos (it + v)$ zerlegt werden kann. Dabei sind für den vorliegenden Fall besonders wichtig diejenigen Glieder, für

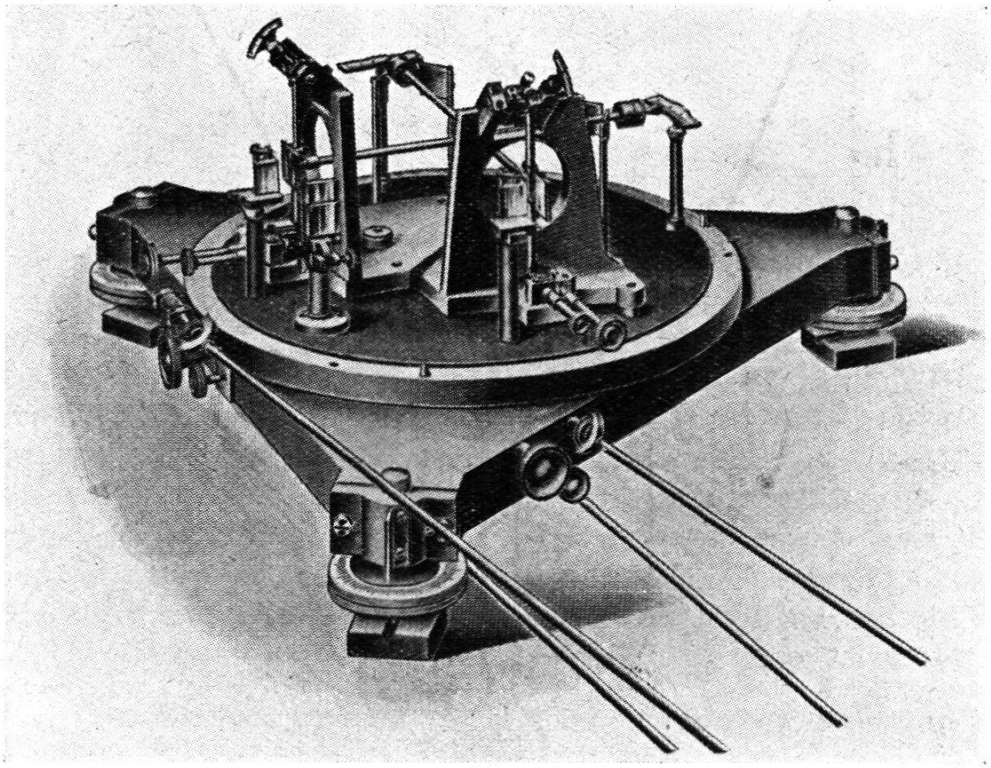

Fig. 9.

die $i = 1$, die sogenannten ganztägigen, und für die $i = 2$, die sogenannten halbtägigen Glieder.

Dadurch entstehen zeitliche Aenderungen von g in sämtlichen Koordinaten-Richtungen, die sämtlich der Beobachtung zugänglich sind.

VI. *Das Horizontalpendel* mißt Aenderungen in der x- und y-Richtung in Form von Neigungsänderungen der Niveaufläche.

Bei der Auswertung treten besondere Schwierigkeiten auf, weil das Horizontalpendel nicht nur die Neigung der Niveaufläche mißt, sondern auch die Neigung der festen elastischen Erde, die den von den Kräften geforderten Veränderungen nur zum Teil nachkommen kann. Wäre die Erde ganz starr, so würde man die Neigungen der Niveauflächen rein erhalten, wäre sie ganz nachgiebig, so würde das Horizontalpendel überhaupt nichts anzeigen.

Es treten zwei unbekannte Koeffizienten h, k, welche Funktionen der Starrheit der Erde sind, in der *Verbindung* h—k auf. Da man h und k dabei nicht trennen kann, so kann man aus Horizontal-Pendelmessungen allein die Starrheit der Erde auch nicht bestimmen.

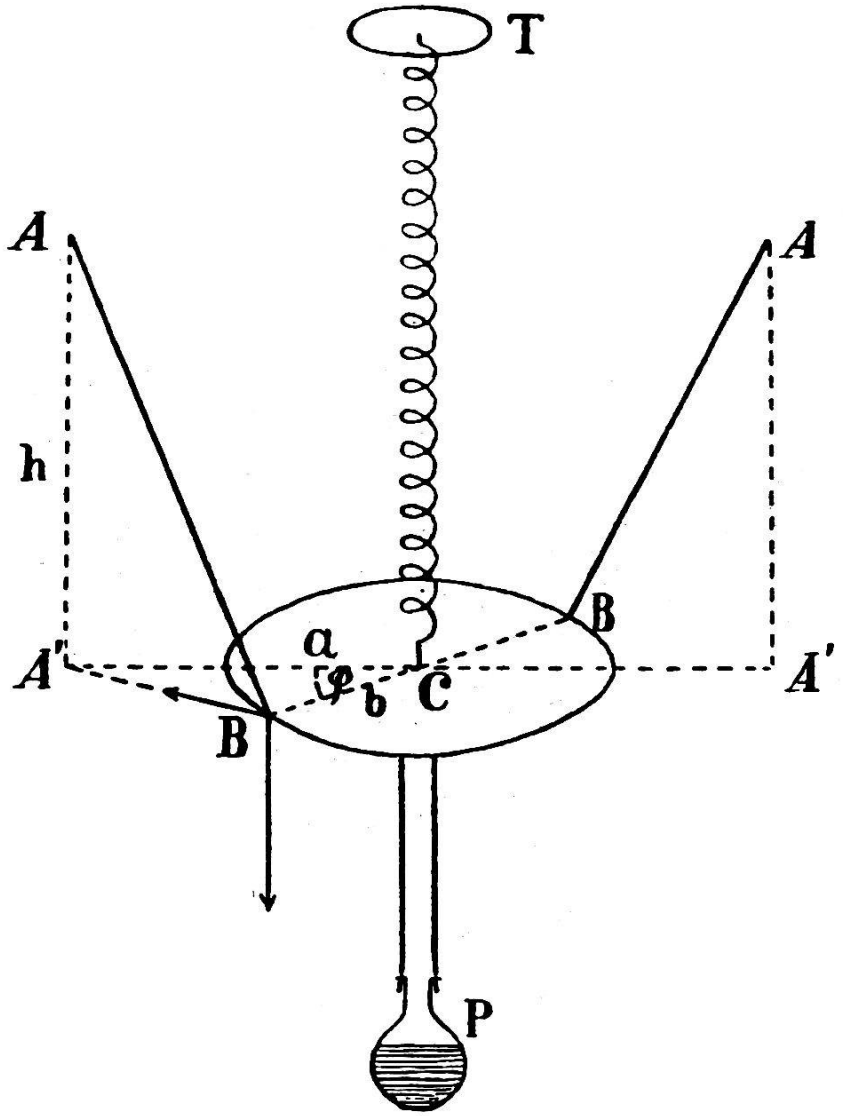

Fig. 10.

VII. Glücklicherweise gibt es noch ein zweites Instrument, das *Gravimeter*,[4] welches die zeitlichen Abstandsänderungen der Niveaufläche anzeigt, wobei wieder dieselben unbekannten Koeffizienten h und k auftreten, jedoch in der *Verbindung*

$$-\frac{3}{2}h + k.$$

Durch Verbindung der beiden Instrumente kann man somit die Starrheit der Erde bestimmen. Dieselbe ist im Mittel ungefähr die doppelte des Stahls, an der Oberfläche geringer, in der Tiefe bedeutend größer.

Sekundäre Einflüsse: Bei VI und VII treten jedoch Schwierigkeiten besonderer Art auf. Es überlagern sich nämlich in den registrierten Kurven Wellen, die von den Meeresgezeiten herrühren, und solche aus dem Luftmeer. Beide bringen sowohl durch Anziehung als auch durch ihr Gewicht Deformationen der elastischen Erde hervor.

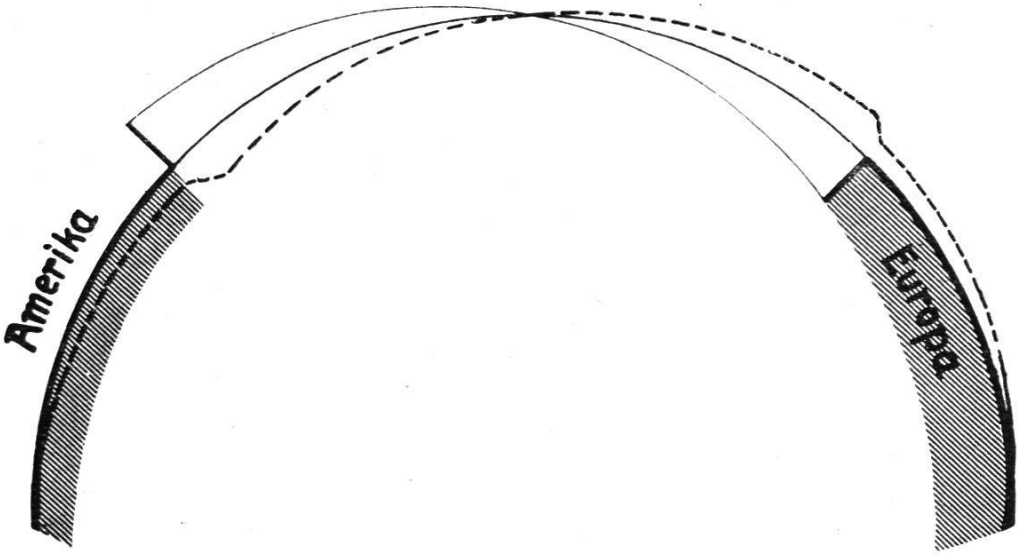

Fig. 11.[5]

Die sekundären Störungen durch die Meeresgezeiten sind periodischer Natur und daher besonders gefährlich. Selbst wenn man mit dem Apparat weit ins Innere des Landes geht und ihn wegen der Wärmeverbiegungen der Erdscholle tief im Bergwerk aufstellt, sind die Gezeiten der freien Ozeane doch noch von großem Einfluß. *Für diese Gezeiten* gibt es eine *dynamische Theorie von Hough*, welcher gewisse Voraussetzungen zugrunde liegen. *Bringt man diese theoretischen Werte als Korrektionsglieder in den Messungen der Horizontalpendel und Gravimeter an, so zeigt sich, daß gewisse Wellen der Theorie nur grob stimmen.*

Die Messungen ergeben somit ein wichtiges Hilfsmittel, die dynamische Theorie der Gezeiten zu verbessern. Sie muß so verbessert wer-

[4] Gravimeter von Perrot-Schmidt und Anwendung desselben durch W. Schweydar. Sitz. Ber. Ak. d. W. Berlin. 1914.

[5] Die ausgezogene Linie ist eine Meereswelle, die gestrichelte der Untergrund.

den, daß sie mit den Beobachtungsergebnissen in Einklang kommt. Hierzu sind jedoch nur die allerersten Anfänge gemacht.

Auch die Wellen des Luftozeans stören die Messungen VI und VII beträchtlich. Die Gezeiten des Luftozeans sind zwar nicht bedeutend, aber doch gerade noch merkbar. Relativ sehr groß sind dagegen die Verbiegungen der Erde durch die großen Zentren der Zyklonen und Antizyklonen. Da letztere jedoch nicht streng periodisch sind, so sind sie nicht gefährlich.

Größenordnung der Störungen, höchsterreichbare Genauigkeit und notwendiger Zeitaufwand für die Messungen.

	x	y	z	CGS
	a) Pendel und astronomische Ortsbestimmung. Typus: Salzhorst in der N. D. Tiefebene.			
Größenordnung	$(2-5)\cdot 10^{-3}$			10^{-3}
Genauigkeit	$\pm 0{,}2\cdot 10^{-3}$	$\pm 0{,}6^{*}\cdot 10^{-3}$	$\pm 0{,}5\cdot 10^{-3}$	
Meßdauer	mehrere Beobachtungsabende		24 Stunden resp. 2 Stunden	
	b) Horizontalpendel und Gravimeter. Typus: M_2 = Mondwelle.			
Max. überh.	38.10^{-6}	78.10^{-6}	78.10^{-6}	10^{-6}
Max. in 52° Breite	37.	48.	27.	
Genauigkeit	$\pm 1.10^{-6}$	$\pm 1.10^{-6}$	$\pm 4.10^{-6}$	
Meßdauer	fortlaufend registriert.			
	c) Drehwage. Typus: Salzhorst in N. D. Tiefebene.			
Größenordnung	bis 50.10^{-9}			10^{-9}
Genauigkeit	$\pm 1.10^{-9}$	$\pm 1.10^{-9}$	nicht meßbar	
Meßdauer	4 Stunden		$\left(\frac{dg}{dz}\text{ normal} = 3086.10^{-9}\right)$	

* In mittleren Breiten.

Zusammenfassend über Wert und Verwendung der gravimetrischen Messungen ist folgendes zu sagen:

Die gravimetrischen Methoden dienen:

1. zur Erforschung des Zahlenwertes des Potentials an jeder Stelle und damit der Form der Niveaufläche. (Schaffung der Grundlagen der *Physik der Erde*, insbesondere des *Vermessungswesens*);
2. zur Nutzanwendung für die Lagerstättenkunde und Geologie (Wichtiges Hilfsmittel für die *Bergbauwirtschaft*);
3. zum Studium der zeitlichen Veränderungen der Weltmeere (Gezeiten) im freien Ozean und an den Küsten (Hilfsmittel für *Handel und Verkehr*);

4. zum Studium der *elastischen Eigenschaften des Erdkörpers* (Hilfsmittel zum Schutze der menschlichen Kultur durch Erforschung der Spannungszentren, welche Erdbeben und Wasserkatastrophen auslösen).

Aufnahmen mit der Doppelkammer und Folgebildanschluß am Wild-Autographen.

Von Dr. *M. Zeller*, Photogrammetrisches Institut der E. T. H., Zürich.

Die Disposition von Steilaufnahmen mit der Doppelkammer.

Bei der Doppelkammer Wild (Plattenformat 13/13 cm) stehen die Kammerachsen unter einem Winkel von ca. 29^g. Die Konstruktion ist so durchgeführt, daß ein einziger Verschluß beide Objektive bedient, wodurch die vorauszusetzende gleichzeitige Exposition beider Aufnahmen absolut gewährleistet ist. Die Manipulationen für die Exposition (mit Ausnahme des Plattenwechselns) werden mittels Handrad für beide Kammern gleichzeitig bewerkstelligt. Im übrigen weist die Doppelkammer dieselbe Konstruktion auf wie die einfache Fliegerkammer.

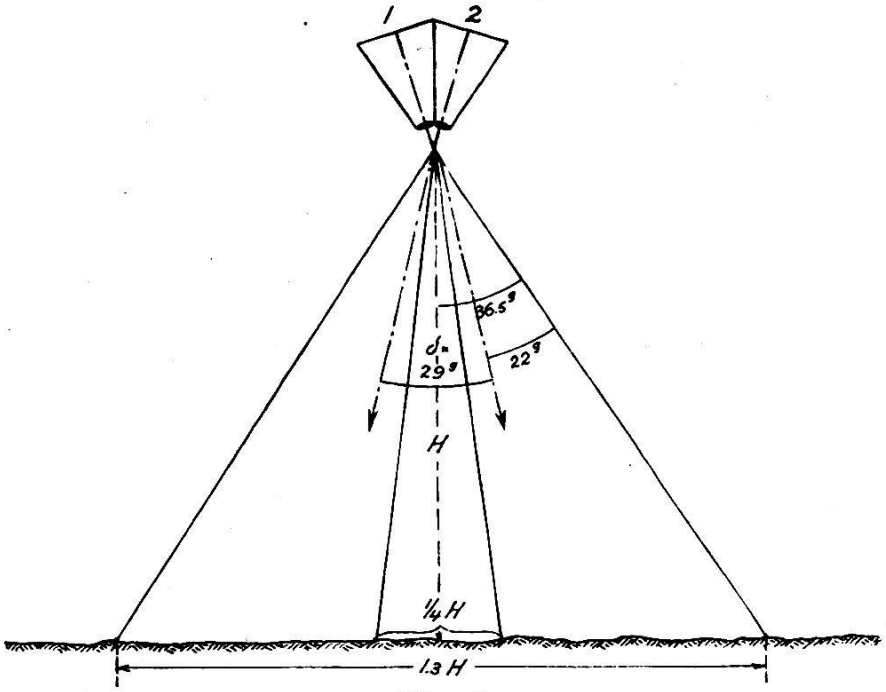

Fig. 1.

Die Doppelkammer ist für ausschließliche Verwendung in einer *Aufhängevorrichtung* gedacht und zwar derart, daß bei Steilaufnahmen eine *Verbreiterung* des aufgenommenen Streifens erzielt wird. Die ganze Breite des Streifens beträgt 130 % der Flughöhe über Grund, mit einem gemeinsamen Streifen der beiden Aufnahmen von 25 % der Flughöhe über Grund (Fig. 1). Im Gegensatz zum Verfahren, welches R. Boßhardt anwendet (siehe „Bildmessung und Luftbildwesen", Heft 1/1931) kann bei der hier beschriebenen Anordnung der sogenannte Folgebildanschluß quer zur Flugrichtung erreicht werden. Die Konstruktion des Autographen Wild erlaubt die Berechnung der Einstelldaten für