

## **Werk**

**Jahr:** 1924

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:1

**Werk Id:** PPN101433392X\_0001

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X\\_0001](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0001) | LOG\_0053

## **Terms and Conditions**

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## **Contact**

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

## Über Gravitationsmessungen mit der Drehwage auf dem Eise des Titisees im Schwarzwald.

Von Dr. H. Holst, Freiburg i. Br. — (Mit drei Abbildungen.)

Durch Vergleich zwischen den auf der Eisdecke eines Sees mittels Drehwage gemessenen Schweregradienten und den aus einer erloteten Isobathenkarte errechneten Gradienten wird gezeigt, daß Messungen mit kleineren Drehwagen frei von systematischen Fehlern sind und sich bei Verwendung zweckmäßiger Korrekturnverfahren auch in gebirgigem Gelände richtig auswerten lassen, und daß schließlich auch regionale Schwerestörungen aus einer solchen Messung ermittelt werden können.

Die von R. v. Eötvös gegen 1900 konstruierte Gravitationsdrehwage hat sich im Laufe weniger Jahre als ein hervorragendes Hilfsinstrument der praktischen Geologie bewährt. Besonders die Ölgeologen lernten rasch, Nutzen aus den mit ihr ausgeführten Messungen zu ziehen. Die verhältnismäßig großen Dimensionen des Apparates machten ihn aber für den Gebrauch unhandlich und verhinderten seine Anwendung auf eine Anzahl von Problemen, zu deren Lösung er an sich wohl in der Lage wäre. Schon Eötvös selbst sah dies ein und versuchte, durch Verringerung der Abmessungen seine Instrumente handlicher zu machen, wie dies in seinem Bericht an die XVI. Konferenz der internationalen Erdmessung eingehend beschrieben ist. Ein durchgreifender Erfolg war jedoch den zwei kleineren Modellen, die er konstruierte, nicht beschieden. Die auftretenden Störungen erschienen ihm zu groß, als daß angesichts der ungewöhnlichen Empfindlichkeit der Instrumente ein sicheres Arbeiten noch gewährleistet schien. Infolgedessen ruhte die Konstruktion kleinerer Drehwagen einige Zeit, und auch die neueren, nicht von Eötvös oder seinen Schülern gebauten Modelle behielten fast genau die Dimensionen der ersten Konstruktion bei.

Vor etwa sieben Jahren wurde dann von O. Hecker eine Drehwage gebaut, die ungefähr in den Abmessungen des ersten verkleinerten Eötvösschen Instruments gehalten war, aber infolge kompakterer Anordnung und leichteren Baumaterials um rund neun Zehntel des Gewichts der ursprünglichen großen Wagen leichter war. Das ganze Instrument wog mit Stativ etwa 20 kg. Zugleich hatte O. Hecker eine Vorrichtung an diesem Apparat angebracht, die es ermöglichte, die Messungen ohne Beisein eines Beobachters vollständig automatisch durch ein Registrierwerk vornehmen zu lassen. Sowohl dieses Registrierwerk als auch die Leichtigkeit wurden aber bisher stets dem Instrument zum Vorwurf gemacht; man befürchtete einerseits ungünstige Wirkungen des Registrierwerkes auf das Instrument, andererseits Überwiegen der Störungen über die Meßresultate, so daß jedenfalls die Resultate zu unsicher würden, um den Vergleich mit denen größerer oder nicht registrierender Wagen aushalten zu können.

Eine Prüfung, ob dieser Verdacht dem Instrument gegenüber gerechtfertigt ist, mußte in einem Gebiet mit hinreichend genau und leicht auch mit anderen

Mitteln als der Drehwage feststellbaren Schwerestörungen vorgenommen werden. Besonders einfach und günstig in dieser Hinsicht liegen die Verhältnisse bei einem See, auf dessen zugefrorener Oberfläche die Gravitationsmessungen vorgenommen werden. Durch Lotungen ist die Tiefe eines solchen Sees feststellbar, und aus einer in dieser Weise hergestellten Isobathenkarte ist wieder unschwer für jeden Punkt der Seeoberfläche die aus der Form des Seegrundes resultierende Schwerestörung zu ermitteln, vorausgesetzt, daß der Dichteunterschied zwischen Seegrund und Wasser bekannt ist. Die Wirkungen etwa am Seeufer befindlicher Anhöhen können ebenfalls durch Rechnung ermittelt werden, und die Eisoberfläche entspricht mit aller wünschenswerten Genauigkeit einer Niveaufläche der Erdattraktion, so daß für jeden Stationspunkt auf dem Eise die zu erwartende Wirkung einmal durch Rechnung und außerdem durch Messung mit dem Instrument zu ermitteln ist. Ein Vergleich beider Ergebnisse ermöglicht dann ein Urteil über die Richtigkeit des Instruments. Um zugleich die Empfindlichkeit darzulegen, sollte der zu einer solchen Messung dienende See nicht zu groß und tief sein, damit die Gradienten nicht allzu groß werden, sondern ungefähr den sonst in der Praxis vorkommenden und gemessenen Störungsarten entsprechen.

Ein solcher Messungsversuch wird freilich bei der Durchführung auf manche Schwierigkeiten stoßen, da das skizzierte Problem durchaus nicht als meßtechnisch ideal bezeichnet werden kann. Zunächst bildet die Eisoberfläche eines Sees keine stabile Plattform für die Instrumente, da unter dem Einfluß von Wind, Sonnenstrahlung und Wasserstandsänderung dauernd Bewegung im Eise ist, die Fehler in den Angaben oder mindestens Zeitverlust bei den Ablesungen verursachen kann.

Ferner sind die im Winter auftretenden Temperaturänderungen oft sehr groß und können bei temperaturempfindlichen Drähten einen schwer abschätzbaren Einfluß auf die Ergebnisse haben. Schließlich kann unter anderem der auf der Eisoberfläche lagernde Schnee lokale Massenstörungen — freilich untergeordneter Art wegen seiner sehr geringen Dichte — verursachen.

Die ersten beiden Fehlerquellen können nun, wenn auch nur in sehr viel geringerem Maße, bei anderen Meßproblemen auftreten, indem etwa auf nachgiebigem Wiesen- oder gar Sumpfboden oder in Klimaten mit starken täglichen Temperaturgängen gemessen werden muß. Man kann sie daher noch als besonderen Prüfstein für die Güte der Instrumente betrachten. Der an letzter Stelle erwähnte Übelstand ist praktisch wie theoretisch schwer faßbar und würde etwa den bei anderen Messungen in der unmittelbaren Umgebung der Stationen vorkommenden Bodinhomogenitäten entsprechen. Im ganzen zeigt also das Problem etwas größere meßtechnische Schwierigkeiten, als solche sonst wohl vorkommen, die aber nicht unüberwindlich erscheinen.

Als einigermaßen geeignetes Versuchsobjekt wurde der Titisee, der größte See des badischen Schwarzwaldes, ausgewählt, der in 846 m Meereshöhe an der als Höllentalbahn bekannten Eisenbahnlinie Freiburg i. Br.—Donaueschingen liegt. Es gelang mir, die Gesellschaft für praktische Geophysik in Freiburg i. Br., die Herstellerin der erwähnten Drehwagen, für die Vornahme eines Versuchs in

der oben angedeuteten Art auf dem Eise dieses Sees zu interessieren. Die Gesellschaft beauftragte mich, eine solche Messung durchzuführen.

Der Titisee stellt nach den von Halbfaß im Oktober 1897 ausgeführten Lotungen (vgl. Petermanns geogr. Mitt. 1898, S. 18) eine von allen Seiten nach der Mitte zu schwach abfallende Mulde dar. Das Relief des Seegrundes ist verhältnismäßig einfach, jedoch kommen stufenartige Böschungssteigerungen, besonders im Längsprofil, vor. Die größte Länge des Sees (zwischen dem Einfluß des Seebaches und dem Ausfluß der Gutach) beträgt etwa 1800 m, die größte Breite etwa 700 m. Die größte Tiefe von 39.2 m findet sich etwas näher dem Nordwest- als dem Südostufer ziemlich in der Mitte der Längsachse. Der See erfüllt den unteren, durch einen Moränenwall abgeschlossenen Teil des nach dem Feldberg hinaufziehenden Barentals, das in der Gegend des Sees beiderseits von bis zu 1100 m hohen Bergen eingefaßt wird. Geologisch betrachtet stellt dieses Tal eine von Glazialschotter erfüllte, ziemlich flache Mulde von sicher glazialer Entstehung dar. Die beiderseits aufragenden und mit ihrem anstehenden Gestein bis unmittelbar an die Ufer des Sees reichenden Berge bestehen aus wechselnden Rensch- und Schapbachgneisen; im Südosten liegt das Gebiet des Schluchseegransit, der interessante Injektionen in den Gneis bildet, wie das beim Bau der Eisenbahn Titisee—St. Blasien am Südostufer des Sees aufgeschlossene Profil zeigt \*). Im Gneis setzen öfters Gesteinsgänge von wechselnder Mächtigkeit und verschiedenem petrographischen Charakter auf; ebenso scheinen auch Amphiboliteinlagerungen im Gebiete des Sees vorzukommen, wie einzelne Lesestücke zeigten. In tektonischer Hinsicht befinden wir uns im Gebiet des den südlichen Schwarzwald in west-östlicher Richtung durchziehenden Bonndorfer Grabens, der jedoch ohne nennenswerten Einfluß auf Entstehung und geologische Geschichte des Sees ist. Im ganzen stellt somit das Seebecken eine ziemlich flache Mulde im Gneis bzw. in Granit dar, am Grunde vielleicht in geringer Mächtigkeit mit Schotter bedeckt und am oberen sowie am unteren Ende von Schottermassen begrenzt, die das Tal ausfüllen bzw. abschließen.

Auf Grund dieser Erwägungen wurde bei Aufstellung des Meßplanes besonderer Wert auf die Durchmessung von Querprofilen gelegt, da diese beiderseits Anschluß an das anstehende Gestein von genau bekannter Dichte finden können und nur durch die unbekannt Mächtigkeit der Schotterbedeckung des Seegrundes, die aber keinesfalls erheblich sein kann, ein wenig unsicher werden. Weniger günstig liegen die Verhältnisse bei einem Längsprofil, das beiderseits im Schotter — und zwar im Glazialschotter — aufsetzt und erst unterhalb dieses Schotters an eine Felschale von unbekanntem, aber sicher nicht zu vernachlässigendem Relief anschließt. Die Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen verbot auch eine allzu weitläufige Anlage des Planes; daher wurde als hinreichend die Durchmessung von zwei Querprofilen und einem Längsprofil angesehen. Die Stationsabstände betragen etwa 50 m und wurden nach der Mitte des Sees zu im Längsprofil auf bis zu 300 m erweitert.

---

\*) Eine über dies Profil berichtende Arbeit des Verfassers ist in Vorbereitung.

Die Messungen wurden vom 18. Januar bis zum 27. Februar 1924 durchgeführt. Eintretendes Tauwetter sowie einige Schneestürme unterbrachen die Arbeit öfters für längere Zeit, einmal sogar für acht Tage. Im ganzen wurden mit einer Wage 36 Stationen gemessen. Während der ersten Messungstage lag kein Schnee auf dem Eise, das infolgedessen kurz nach Sonnenaufgang in Aufregung geriet und erst gegen Mittag so weit ruhig wurde, daß mit Messungen begonnen werden konnte. Bis Sonnenuntergang wurde dann eine Station, eventuell auch zwei Stationen, visuell beobachtet, worauf wieder wegen der dann erneut auftretenden Eisbewegung bis 11 Uhr abends pausiert wurde. Dann ließen wir das Instrument auf einer neuen Station photographisch registrieren. Wir lernten die Nachtzeit zwischen 11 Uhr und Sonnenaufgang noch besser ausnutzen, indem wir gelegentlich nochmals in der Nacht die Station wechselten und so zwei photographisch registrierte Stationen bei Nacht erhielten. Die Stationen des Querprofils *B* wurden sämtlich photographisch aufgenommen, im Profil *A* ist die Station 8 photographisch registriert. Die übrigen Stationen sind visuell beobachtet.

Der Transport des Instruments und der für einen Teil der Beobachtungen benutzten Zelte auf dem Eise gestaltete sich sehr einfach. Auf dem glatten Eise wurden das Instrument und die Zelte geschoben, gelegentlich konnten sogar Schlittschuhe dabei gebraucht werden. Bei Vorhandensein einer Schneedecke, die schließlich etwa 0.5 m dick wurde, so daß sie zu Fuß nur noch mit großer Mühe passiert werden konnte, wurden Schneeschuhe angelegt und das Instrument dann auf der Schulter getragen. Für den Zelttransport wurden Rinnen in den Schnee geschaufelt; da das Zelt aber später nur während der Nacht benutzt wurde, um unberufene Beobachter von dem registrierenden Instrument fernzuhalten, war die dadurch verursachte Mühe ziemlich gering. Die Beobachtungen am Tage konnten während der Schneebedeckung des Eises meist ohne Zelt durchgeführt werden, solange starker Wind, der das Instrument hätte beunruhigen können, nicht vorkam.

Die Ergebnisse der Messungen werden, wie schon eingangs erwähnt, sowohl durch das Relief des Seegrundes als auch durch die am Seeufer befindlichen Anhöhen beeinflusst. Im vorliegenden Beispiel ist dieser Einfluß ziemlich stark; er beträgt bei den nahe dem Ufer gelegenen Stationen fast die Hälfte des Gesamtausschlages. Die sinngemäße Anwendung der bereits von R. v. Eötvös (Bericht an die XV. internationale Konferenz der Erdmessung) gegebenen kartographischen Korrekturen ermöglicht aber, unter Zuhilfenahme von eigens konstruierten Instrumenten und Rechentafeln den Einfluß dieser schon als Berge zu bezeichnenden Anhöhen in verhältnismäßig kurzer Zeit (etwa eine halbe bis höchstens eine Stunde je Station) aus der topographischen Karte zu ermitteln. Da im allgemeinen das Gelände nicht nach bestimmten einfachen mathematischen Gesetzen, sondern unregelmäßig und gleichsam willkürlich gestaltet ist, pflegt eine rein mathematische Vereinfachung der Korrektionsformel eine geringere absolute Genauigkeit zu ergeben als die skizzierte Methode, da das natürliche Gelände gewissermaßen durch ein künstliches mathematisches Gebilde ersetzt wird, das in seiner Wirkung der natürlichen Form gleichkommen soll. Wieweit das statthaft ist, läßt sich kaum allgemein, sondern nur für bestimmte morpho-

logische Geländeformen von Fall zu Fall und auf Grund eines großen statistischen Materials entscheiden. In dieser Weise sind die topographischen Korrektionsformeln von Eötvös entstanden\*), die auch für die Wirkungen der Bodengestalt in nächster Nähe des Instruments vorzügliche Werte liefern, aber im Gebirge auf größere Entfernungen nicht geeignet sind. Die angedeuteten Erwägungen veranlaßten uns daher, bei dem eingangs skizzierten Verfahren zu verbleiben und gleichsam das Gebirge in seine Elemente aufzulösen, um dann

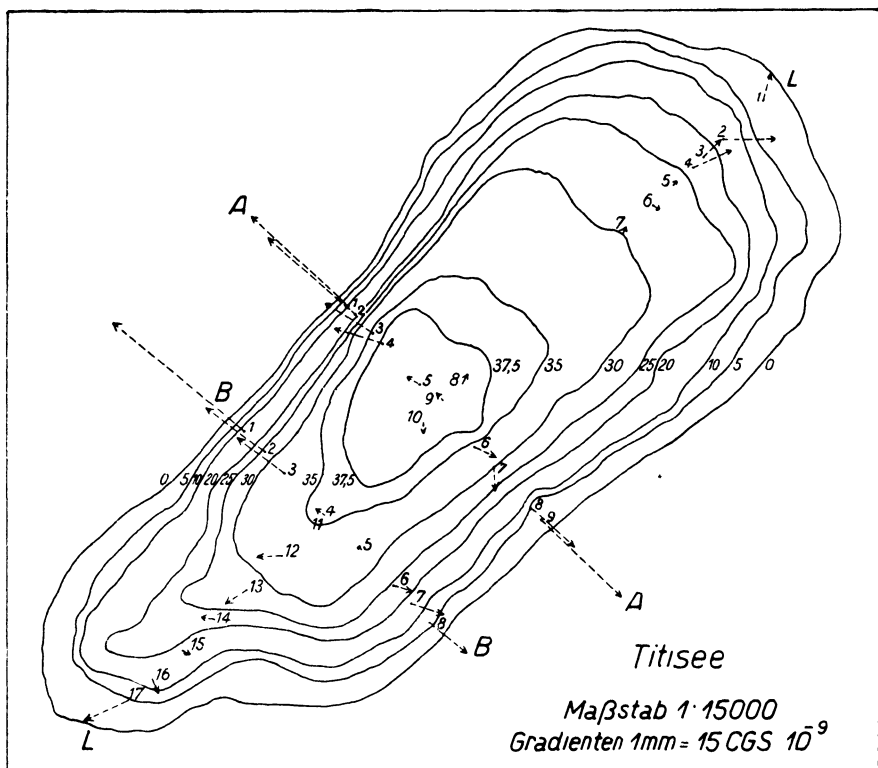


Fig 1. Isobathenkarte des Titisees nach Blatt Feldberg-Altglashütten der Karte 1:25000. Die Gradienten der Schwere sind gestrichelt eingetragen.

die Einwirkungen dieser Elemente für jede Station zu summieren. Die Ergebnisse dieser Methode sind ganz brauchbar, wie die gute Übereinstimmung der im folgenden mitgeteilten Werte deutlich beweist. Damit zeigt sich, daß entgegen der bis jetzt herrschenden Anschauung auch im Gebirge Drehwagenmessungen durchaus möglich sind.

Ferner ist noch zu berücksichtigen, daß in dem genannten Gebiet regionale Schwerestörungen wahrscheinlich sind, wie aus der von W. Döecke [Bericht der

\*) Ebenso auch die während der Niederschrift dieser Arbeit von W. Schweydar (diese Zeitschrift 1925, Heft 3) veröffentlichten Formeln.

Naturf. Gesellsch. Freiburg i. B. XVIII (1910), Heft 1, S. 57 bis 65] mitgeteilten Gravitationskarte deutlich hervorgeht. Diese Karte zeigt in der Gegend des Titisees von Südwesten nach Nordosten streichende Isogammen mit nach Nordwesten wachsenden Werten, so daß wir Störungsgradienten von nordwestlicher Richtung zu erwarten haben.

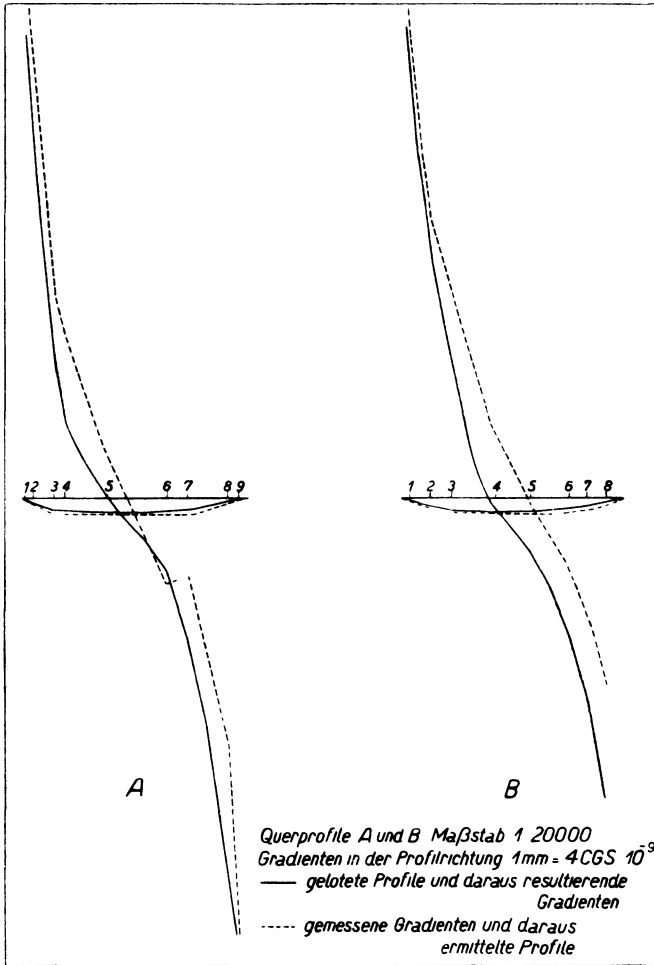


Fig. 2. Profiltafel.

Schließlich sind noch die örtlichen Inhomogenitätsstörungen, die auf die Dichteunterschiede zwischen den das Gelände bildenden Gesteinen zurückzuführen sind, zu beachten. Diese können zwar bezüglich des Anstehenden nicht allzu groß werden, da hier Dichteschwankungen von 2.6 bis maximal 2.9 zwischen Granit und Amphibolit auftreten, bezüglich der Schottersohle ist die Sachlage

etwas weniger günstig, da hier die Dichte um 2.1 herum liegen dürfte. Doch solche Schwierigkeiten begegnen uns bei anderen Messungen auch. Wir haben daher unseren Berechnungen einstweilen eine Dichte des Anstehenden von 2.7 und damit einen Dichteunterschied gegenüber dem Wasser von 1.7 zugrunde gelegt und sind dadurch sicher der Wahrheit recht nahe gekommen.

Denn zunächst zeigt ein Blick auf den beigefügten Gradientenplan, daß sämtliche Gradienten von der Seemitte fort nach den Ufern zu gerichtet sind. Die Feinfühligkeit des Instruments tritt besonders im nordwestlichen Teil des Querprofils *A* in die Erscheinung, wo die Gradienten sich aufs genaueste jeder Einzelheit des Seegrundreliefs anschmiegen, wie ein Vergleich mit den eingezeichneten Isobathen zeigt. Auch sonst ist die Richtung der Gradienten im allgemeinen bis auf wenige Ausnahmen (Station A 7, B 7, L 12) ebenfalls genau senkrecht auf den zugehörigen Isobathen. Daß nicht nur die Richtung, sondern auch die Größe der gemessenen Gradienten durchaus den durch Rechnung ermittelten Störungen entspricht, zeigen die beigefügten Profile. In den Querprofilen ist die obenerwähnte regionale Schwerkstörung absichtlich nicht weg-

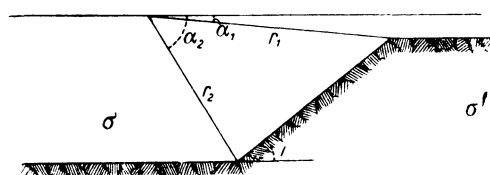


Fig. 3. Wirkung einer unterirdischen Böschung.

korrigiert, um zu zeigen, daß eine solche auch dann, wenn eine Gravitationskarte nicht besteht (wie dies für viele Teile der Erde der Fall ist), aus den Drehwagenmessungen abgelesen werden kann und somit kein Hindernis für die Messungen bietet. Die Profile

zeigen infolge dieser Störung, daß die gemessenen Werte gegenüber den berechneten nach Nordwesten hin zu groß sind, und zwar um einen Betrag, der ziemlich genau dem auf Grund der Gravitationskarte zu erwartenden Wert entspricht. Die im mittleren Teile der Querprofile noch überdies auftretenden Abweichungen werden durch Annahme einer 5 m mächtigen Schotterbedeckung des Seegrundes zwischen Wasser und Felschale völlig erklärt, die auch nach den oben gemachten Darlegungen durchaus glaubwürdig ist. Schließlich treten im Querprofil *A* noch an zwei Stellen kleine Abweichungen auf (Station A 3 und A 7), zu deren Erklärung örtliche Inhomogenitäten der Felschale, die gemäß der eingangs gegebenen geologischen Übersicht durchaus zu erwarten sind, herangezogen werden müssen. Das gleiche gilt von dem südöstlichen Teil des Querprofils *B*, wo ebenfalls eine geringe Abweichung in dieser Weise zu erklären ist. Ein genaues Eingehen auf diese Störungen würde eine umfangreiche geologische Betrachtung erfordern und an dieser Stelle zu weit führen, zumal die Genauigkeit der zugrunde gelegten Isobathenkarte an den von uns gemessenen Profilen nicht durch Lotungen nachgeprüft werden konnte und leicht infolge nicht kontrollierter Ablagerungen Abweichungen gegenüber den der Karte entnommenen Tiefenwerten auftreten können, die auch zur Erklärung der Abweichungen herangezogen werden mußten.

Das Längsprofil zeigt, wie auch auf Grund der obigen Darlegungen zu erwarten, nicht die gleiche quantitative Übereinstimmung wie die Querprofile. Gleich-



wohl treten eigentlich nur im südwestlichen Teile größere Abweichungen auf, die aber zum größten Teile auf die hier reichlich abgelagerten Sinkstoffe des Seebaches und die dadurch bewirkte Profiländerung des Grundes zurückzuführen sind.

Die auf dem beigegebenen Gradientenplan eingetragenen Werte sind die subterranean Störungswerte (nach Eötvös), also der Einfluß der Sphäroidform

Tabelle 1. Gradienten der Schwere mit kartographischen Korrekturen.

Station Nr.	Rohe Werte		Kartographische Korrektion		Endgültige Werte	
	Grad $g_x$	Grad $g_y$	Grad $g_x$	Grad $g_y$	Grad $g_x$ (abgerundet)	Grad $g_y$
L 1 . . . .	+ 68.9	+ 11.3	—	—	—	—
2 . . . .	+ 17.5	+ 101.5	—	—	—	—
3 . . . .	+ 52.5	+ 25.4	—	—	—	—
4 . . . .	+ 50.9	+ 75.2	—	—	—	—
5 . . . .	+ 18.6	+ 2.8	—	—	—	—
6 . . . .	+ 2.7	+ 3.8	—	—	—	—
7 . . . .	+ 34.5	+ 0.9	—	—	—	—
8 . . . .	+ 37.6	+ 2.8	—	—	—	—
9 . . . .	+ 35.5	+ 25.4	—	—	—	—
10 . . . .	— 5.8	— 8.5	—	—	—	—
11 . . . .	+ 23.9	— 23.5	—	—	—	—
12 . . . .	+ 26.0	— 31.0	—	—	—	—
13 . . . .	+ 11.7	— 56.4	—	—	—	—
14 . . . .	— 8.0	— 53.2	—	—	—	—
15 . . . .	+ 27.0	— 38.5	—	—	—	—
16 . . . .	+ 17.0	+ 1.9	—	—	—	—
17 . . . .	+ 1.1	— 1.9	—	—	—	—
17 . . . .	— 5.8	— 113.7	—	—	—	—
A 1 . . . .	+ 153.7	— 165.4	— 27.2	+ 42.7	+ 175	— 195
2 . . . .	+ 158.5	— 153.2	— 9.7	+ 13.8	+ 150	— 180
3 . . . .	+ 62.0	— 89.3	— 5.7	+ 8.3	+ 60	— 95
4 . . . .	+ 38.7	— 94.7	— 1.4	+ 2.6	+ 30	— 100
5 . . . .	+ 30.7	— 30.1	+ 8.0	— 4.9	+ 10	— 25
6 . . . .	+ 1.1	+ 26.3	+ 14.6	— 13.7	— 20	+ 40
7 . . . .	— 18.6	+ 14.1	+ 24.1	— 19.3	— 50	+ 5
8 . . . .	— 44.8	+ 56.0	+ 35.9	— 39.3	— 80	+ 95
9 . . . .	— 38.2	+ 63.9	+ 115.4	— 103.9	— 160	+ 165
B 1 . . . .	+ 211.2	— 252.0	— 8.7	+ 8.4	+ 210	— 265
2 . . . .	+ 94.4	— 114.8	— 5.3	+ 5.6	+ 90	— 120
3 . . . .	+ 76.8	— 89.6	— 2.1	+ 4.3	+ 70	— 95
4 . . . .	+ 43.2	— 30.8	+ 0.3	+ 3.2	+ 20	— 25
5 . . . .	+ 19.2	— 5.6	+ 1.4	0.0	+ 10	— 5
6 . . . .	+ 19.2	+ 22.4	+ 20.3	— 17.3	— 10	+ 40
7 . . . .	+ 17.6	+ 42.0	+ 31.4	— 26.3	— 25	+ 70
8 . . . .	0.0	+ 33.6	+ 54.9	— 46.1	— 60	+ 80

Besselsche Korrektion für Grad  $g_x = -8.1$ .

der Erde (Besselsche Korrektion) und der Einfluß der Berge (kartographische Korrektion) sind bereits berücksichtigt.

Die in den Profilen eingetragenen Werte sind die in die Profilrichtung fallenden Komponenten dieser Gradienten; mit diesen werden die auf Grund der Böschungformel

$$\frac{dg}{ds} = 2 G (\sigma' - \sigma) \sin i \cdot \left\{ (\alpha_2 - \alpha_1) \cos i + 2.303 \sin i \cdot \log \frac{r_2}{r_1} \right\}$$

Tabelle 2 Beispiel für die Ermittlung der kartographischen Korrektio:n.

Formeln.		$\text{Grad } g_x = -\frac{3}{2} G \sigma \zeta^2 \frac{d\alpha d\varrho \cos \alpha}{Q^3}$	$\text{Grad } g_y = -\frac{3}{2} G \sigma \zeta^2 \frac{d\alpha d\varrho \sin \alpha}{Q^3}$	$G = 66.3 \cdot 10^{-9}$	$\sigma = 2.7$	$d\alpha = 11\frac{1}{4}''$						
Azi- mut	0	$11\frac{1}{4}$	$67\frac{1}{2}$	$183\frac{3}{4}$	$13.5$	$146\frac{1}{4}$	$157\frac{1}{2}$	$168\frac{3}{4}$				
	180	$191\frac{1}{4}$	$247\frac{1}{2}$	$258\frac{3}{4}$	$270$	$281\frac{1}{4}$	$292\frac{1}{2}$	$303\frac{3}{4}$	$315$	$326\frac{1}{4}$	$337\frac{1}{2}$	$348\frac{3}{4}$
	-1.20	-0.35	-0.05	-	-	-0.90	-1.90	-1.95	-2.40	-2.40	-3.20	-3.15
	-0.30	-	-	-	-	-0.20	-0.60	-0.90	-0.75	-0.75	-0.70	-0.70
	-	-	-	-	-	-0.15	-0.10	-1.10	-0.60	-0.60	-0.60	-0.06
	-	-	-	-	-	-0.30	-0.40	-0.70	-1.20	-1.20	-1.70	-
	-	-	-	-	-	-0.30	-0.30	-1.50	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-0.30	-	-	-	-	-
	+0.03	+0.06	-	-	-	+0.05	+0.08	+0.10	+0.10	+0.08	+0.07	+0.07
	+0.02	+0.03	-	-	-	-	+0.07	+0.08	+0.08	+0.07	+0.05	+0.05
	+0.03	-	-	-	-	-	+0.05	+0.07	+0.07	+0.05	-	-
	+0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-1.26	-0.26	-0.05	-	-	-1.80	-3.40	-5.90	-4.70	-5.70	-6.08	-8.79

Station A 1 . . . . Grad  $g_x = 27.20$ .

\*) Vgl. R. v. Eötöös, Bericht an die XV. internat. Konferenz.

aus dem geloteten Profil errechneten Werte verglichen. Darin bedeutet (vgl. Fig. 3):

$G$  die Gravitationskonstante  $= 66.3 \cdot 10^{-9}$  (C.G.S.),  
 $\sigma' - \sigma$  den Unterschied der spezifischen Gewichte der an der Böschung zusammenstoßenden Körper  $= 1.7$ ,

$\alpha_2 \alpha_1$  die respektiven Neigungswinkel, unter denen Böschungsanfang und Böschungsende vom Stationspunkt aus erscheinen,

$r_1, r_2$  die Entfernungen dieser Punkte vom Stationspunkt,

$i$  den Böschungswinkel.

Zahlenmäßig werden die gemessenen Werte und die ermittelten Korrekturen in der beigefügten Tabelle 1 mitgeteilt; die Tabelle 2 veranschaulicht die Ermittlung der Korrektur für eine Station.

Fassen wir schließlich die Ergebnisse dieser Arbeit kurz zusammen, so zeigt sich, daß erstens auch mit kleineren Drehwagen als den bisher üblichen Beobachtungen gemacht werden können, die frei von systematischen Fehlern sind. Weiter ist zu erkennen, daß die Empfindlichkeit dieser Wagen zwar der größerer Instrumente noch zahlenmäßig nachsteht, aber doch für die Bearbeitung einer großen Zahl von Aufgaben aus der Lagerstättenkunde

und angewandten Geologie durchaus genügt, so daß die Versuche, kleinere Drehwagen zu bauen, als nicht ganz aussichtslos bezeichnet werden müssen. Schließlich zeigt sich auch, daß — und auf welchem Wege — Drehwagenmessungen im Gebirge durchführbar und richtig auswertbar sind, und daß die Drehwage, wie dies bereits von A. Born\*) angegeben wurde, ein Instrument ist, das die Abbildung geologischer Strukturfeinheiten und (eventuell in Kombination mit Pendelmessungen) auch der regionalen Struktur gestattet.

## Vertikalvariometer für Feldmessungen.

Von J. Koenigsberger. — (Mit einer Abbildung.)

Es wird ein Variometer zur Bestimmung der kleinen Änderungen der Vertikalintensität des Erdmagnetismus beschrieben. Der Magnet ist an einem Faden aufgehängt, dessen Torsionskraft aber nicht für die Direktionskraft maßgebend ist, sondern letztere ist ähnlich wie bei den Wagen mit Schneide durch die Schwerkraft gegeben. Das Instrument gestattet die Variationen auf  $\pm 10 \gamma$ , unter Umständen sogar mit einer Genauigkeit von  $\pm 2 \gamma$  festzustellen. Hierfür werden Messungsbeispiele aus der Praxis gegeben. Erforderlich ist zur sicheren Ermittlung der zeitlichen Änderungen ein zweites Instrument in der betreffenden Gegend selbst aufzustellen.

Die magnetischen Vertikalvariometer zur Vergleichung der Vertikalintensität sind bisher nach drei verschiedenen Prinzipien konstruiert worden. Bei den einen wird die mechanische Kraft auf einem Magneten im Erdfeld direkt gemessen, wobei die Wirkung kompensierender Magnete nicht oder nur nebenbei verwandt wird. Bei den anderen bildet die Vergleichung mit kompensierenden Magneten oder elektrischen Strömen die Grundlage.

Bei den Apparaten erster Art gibt es zweierlei Meßmethoden der mechanischen Kraft. Bei den einen wird der durch das magnetische Feld auf den beweglichen Magneten hervorgerufenen mechanischen Kraft durch die Torsionskraft eines Fadens das Gleichgewicht (H. Wild, W. Watson, G. Angenheister) gehalten.

Bei den anderen geschieht das mit Hilfe der Schwerkraft. Das erstere Konstruktionsprinzip verlangt Drähte bzw. Fäden, die ungefähr horizontal ausgespannt sind und in der Mitte den Magneten tragen, wobei der Schwerpunkt möglichst in den Unterstützungs- oder Aufhängungspunkt (bzw. Linie) fallen muß\*\*). Man kann der Vertikalintensität, die nur dann voll wirkt, wenn der Magnet horizontal steht, durch Torsion des Fadens völlig das Gleichgewicht halten, oder man kann auch die Vertikalintensität durch ein Gegengewicht, also durch die Schwerkraft, zum größten Teil abkompensieren und nur dem nicht abkompensierten Rest durch Torsion das Gleichgewicht halten. Letzteres ist

\*) A. Born, Beziehungen zwischen Schwerezustand und geologischer Struktur Deutschlands. Berlin, Springer, 1921.

\*\*\*) Die Fäden müssen bei dieser Anordnung neben relativ großer Tragkraft eine hinreichende Konstanz des Nullpunktes besitzen. Die Vertikalintensität  $V$  beträgt  $0.4 \text{ O G.S.}$ -Einheiten. Soll sie auf  $1 \gamma = 1 \cdot 10^{-5} \text{ C G.S.}$  genau gemessen werden und durch Torsion abkompensiert sein, so muß die Torsionskraft auf ein  $40\,000$ stel konstant sein.