

II. SEKTION.

DIE NIVEAUFLÄCHEN
UND DIE GRADIENTEN DER SCHWERKRAFT
AM BALATONSEE.

BEOBACHTUNGEN AUF DER EISDECKE IN DEN JAHREN 1901 UND 1903.

VON

DR. BARON ROLAND EÖTVÖS.

MIT 27 FIGUREN UND MEHREREN TABELLEN IM TEXTE.

DER Inhalt dieser meiner Arbeit entspricht nicht ganz dem stolzen Titel, den ich ihr gegeben habe. Ich wollte damit mehr nur die Aufgabe in kurzen Worten bezeichnen, zu deren Lösung das in den nächstfolgenden Zeilen Mitgeteilte einen Beitrag liefern soll. Die Arbeit ist kein geschlossenes Ganzes, doch drängen mich zwei Gründe, um ihre Publikation nicht für spätere Zeit aufzuschieben. Der eine ist der Dank, den ich der Balatonsee-Kommission und ihrem begeisterten Führer, meinem verehrten Freund L. v. LÓCZY schulde, deren Unterstützung meine Arbeiten wesentlich erleichterte; ferner mein Wunsch, die Resultate meiner bisher geleisteten Arbeit noch rechtzeitig in den glänzenden Rahmen einfügen zu können, der die «Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees» zusammenfasst.

Schon seit mehr als einem Jahrzehnt befasse ich mich mit der Ausarbeitung und Erprobung einer neuen Methode, die die Kenntnis der Krümmungsverhältnisse der Niveauflächen und der räumlichen Veränderungen der Schwere mit einer bisher nicht einmal angenäherten Genauigkeit ermöglicht.

Nach Laboratoriumexperimenten und im Freien, anfangs nur an einzelnen Orten (in Szt.-Lőrincz, am Berge Ság, am Fusse des Gellért-hegy) gemachten Beobachtungen, hatte ich an der Eisdecke des Balatonsees zuerst Gelegenheit zu erproben, ob die Methode zur systematischen Untersuchung grösserer Gebiete geeignet sei.

Für eine erste derartige Probe schien mir eben die ebene Eisdecke des Balatonsees besonders geeignet, da an ihrer Fläche alle jene störenden Einflüsse wegfallen, die die Unregelmässigkeiten der nächsten Umgebung auf die Beobachtungen notwendigerweise verursachen. Aus dieser Probe habe ich viel gelernt.

Darum sind mir diese Beobachtungen wertvoll, aber auch lieb durch die Erinnerung an jene angenehmen Stunden, in denen ich sie angestellt habe.

Unsere Wanderungen auf dem Eise, die Überwindung der Schwierigkeiten beim Überschreiten irgend einer Eisbarrikade oder eines Risses, das Einrichten einer neuen Lagerstätte, die nur durch das Rollen und Krachen des sich zusammenziehenden Eises unterbrochene Stille der Winternächte, der Kampf mit den Winden und Stürmen und mit den noch grössern Gefahren des schmelzenden Eises: lauter Erlebnisse, die sich meinem Gedächtnis schier unvergesslich eingeprägt haben.

Darum erwarte ich auch mit Freuden die Zeit, wo mir günstige Eisverhältnisse die Fortsetzung meiner Arbeiten von neuem ermöglichen werden.

Über die Krümmung der Niveauflächen und Änderungen der Schwerkraft habe ich die folgenden Abhandlungen publiziert:

Vizsgálatok a gravitatio és mágnesség köréből; Matematikai és Természettudományi Értesítő. 1896. XIV. kötet.

Untersuchungen über die Gravitation und Erdmagnetismus; Annalen der Physik und Chemie 1896. Neue Folge. Band 59.

Étude sur les surfaces de niveau et la variation de la pesanteur et de la force magnétique; Rapports présentés au congrès international de physique réuni à Paris en 1900. Tome III.

Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe der Drehwaage; Verhandlungen der XV. allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung in Budapest 1906.

In diesen Abhandlungen wendete ich mich an meine nächsten Fachgenossen, an Physiker und Geodäten, und habe meine Methode mittels der Potentialtheorie dargestellt. Mit der vorliegenden Arbeit möchte ich das Interesse auch derjenigen erwecken, die andere Gebiete der Naturwissenschaften bearbeiten. Darum versuche ich hier das Wesen der gestellten Aufgabe und meine, zu ihrer Lösung geeignete Methode ohne Anwendung der höheren Mathematik elementar darzustellen. Das ist der Inhalt des ersten Kapitels; die folgenden enthalten die Beobachtungen und deren Aufarbeitung.

Ich kann es nicht unterlassen, in diesen einleitenden Zeilen meinen Dank meinem verehrten Freunde A. VON SEMSEY auszudrücken, der auch diese meine Untersuchungen mit reichen materiellen Mitteln freundlichst förderte, ebenso meinen werten Mitarbeitern, deren hingebende Mitwirkung ich später erwähnen werde. Zu besonderem Danke bin ich verpflichtet den Herren G. BARTONIEK, Dr. D. PEKÁR und EUGEN FEKETE, die mir auch bei der Aufarbeitung und Drucklegung der Beobachtungen behilflich waren.

I. ELEMENTARE BEHANDLUNG DER AUFGABE.

1. Geometrische Darstellung der Kraftlinien und Niveaulflächen.

Unserer heutigen mechanischen Auffassung entsprechend betrachten wir die Schwerkraft als Resultante der Massenanziehung und der aus der Erdrotation entstehenden Zentrifugalkraft.

Die Grösse und Richtung der Massenanziehung wird durch das NEWTONSche Gesetz bestimmt, dementsprechend die gegenseitige Anziehung zweier Punkte von der Masse m und m' bei ihrer Entfernung r gleich:

$$P = f \frac{mm'}{r^2}$$

ist, wo f die Gravitationskonstante bedeutet, das heisst jene Anziehungskraft, die die Masseneinheit auf die Masseneinheit in der Entfernung 1 ausübt (Figur 1.). Im C. G. S. Masssystem des Physikers ist

$$f = 0.0000000663 = 66.3 \cdot 10^{-9}$$

Die Zentrifugalkraft ist an jedem Punkte der Erde vom Drehungsmittelpunkt abwärts gerichtet, d. h. parallel zur Ebene des Äquators. Ihre Grösse ist

$$C = m \rho \omega^2$$

wenn ρ den Drehungsradius, ω die Winkelgeschwindigkeit der Erddrehung bedeutet.

Dementsprechend ist die Zentrifugalkraft am Äquator:

$$C_{ae} = m \cdot 3.391 \text{ C. G. S.}$$

und unter dem 45. Breitengrad:

$$C_{45} = m \cdot 2.402 \text{ C. G. S.}$$

Den Zusammenhang der Massenanziehung, der Zentrifugalkraft und der Schwere an einem zwischen dem Äquator und den Polen liegenden Punkte veranschaulicht

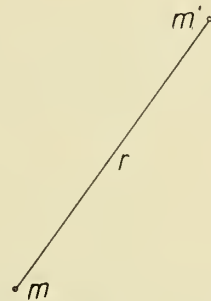


Fig. 1.

die Figur 2. Diese Figur modifiziert sich an dem Pole derart, dass die Zentrifugalkraft dort verschwindet, am Äquator hingegen der Massenanziehung entgegengesetzt gerichtet ist.

Da nach unseren bisherigen Erfahrungen die Massenanziehung der Masse proportional ist, kann die auf die Masseneinheit (1 gr) wirkende Kraft als ihr Mass benützt werden. Es ist dies die Intensität der Schwerkraft, welche durch die Beschleunigung des im luftleeren Raume fallenden Körpers unmittelbar gegeben ist. Kürze halber wenden wir oft statt Intensität der Schwerkraft, oder Beschleunigung der Schwerkraft einfacher

Schwerkraft an, oder noch kürzer den Ausdruck: Schwere.

Wir müssen zwei Eigenschaften der Schwerkraft, die aus der angeführten Definition sich ergeben, und auf die wir öfters Bezug nehmen werden, hier besonders hervorheben:

1. Die Grösse und Richtung der Schwerkraft ändert sich im Raume kontinuierlich.

2. Die Schwerkraft entspricht dem Prinzip der Erhaltung der Energie, d. h. ihre Arbeit ist vom Wege unabhängig. Unter Arbeit verstehen wir das Produkt der Verschiebung

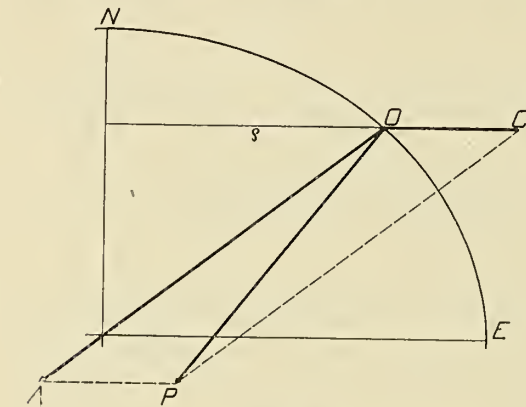


Fig. 2.

OA Massenanziehung, OC Zentrifugalkraft,
OP Schwerkraft.

mit der in die Richtung der Verschiebung fallenden Komponente der Kraft.

Die Grösse und Richtung der Schwerkraft in einem Punkte des Raumes lässt sich auf zweierlei Arten darstellen:

analytisch, durch drei Gleichungen, die ihre auf einander senkrechten Komponenten bestimmen; dann

geometrisch, durch eine die Richtung der Kraft darstellende Gerade, deren Länge der Grösse der Kraft proportional ist.

Unsere Aufgabe ist die Schwerkraft auf der ganzen Erde zu erkennen, und die gewonnene Erkenntnis übersichtlich zusammenzufassen. Da es hier nicht zulässig ist, sich in die abstraktere analytische Lösung dieser Aufgabe einzulassen, wollen wir uns auf jene geometrische Veranschaulichung beschränken, die uns die Darstellung der Kraftlinien und Niveauflächen bietet.

Entsprechend der Kontinuität der Kraft, beschreibt ein sich immer in der Richtung der Kraft bewegendes Punkt eine kontinuierliche Linie, die Kraftlinie genannt wird. Die Vielheit der Kraftlinien stellt die Richtung der Kraft derart dar, dass diese Richtung in jedem Punkte immer in die Tangente der durch den Punkt gehenden Kraftlinie fällt. Durch die Vielheit der Kraftlinien können wir Flächen legen, die sie überall rechtwinklig schneiden. Diese Flächen nennen wir Niveauflächen.

Da die Kräfte in jedem Punkte einer Niveaufläche auf dieselbe senkrecht stehen, sind ihre Projektion auf dieser Niveaufläche Punkte, und infolgedessen ist auch jene Arbeit null, welche bei der Bewegung eines Punktes in der Niveaufläche geleistet wird.

Diese wichtige Eigenschaft der Niveaulflächen kann auch als eine neuere Definition derselben gelten. Diese ermöglicht es, durch eine entsprechende Wahl der Niveaulflächen nicht nur die Richtung, sondern auch die Grösse der Kraft darzustellen.

In der Figur 3. stellen $a-a$, $b-b$, $c-c$, $d-d$ eine Reihe der Kraftlinien, 1—1, 2—2, 3—3, 4—4 aber eine vorläufig willkürlich gewählte Reihe der Niveaulflächen im Durchschnitte dar.

Im Sinne der obigen Ausführungen gibt diese Figur nicht nur über die Richtung der Kraft Aufschluss, sondern auch darüber, wie sich die Grösse der Kraft längs einer Niveaulfläche ändert.

Wir wissen nämlich, dass die bei der Fortbewegung der Masseneinheit in der Niveaulfläche 1—1 vom Punkte $a1$ bis zum Punkte $d1$ geleistete Arbeit gleich null ist, hingegen diese Arbeit vom Punkte $d1$ bis zum Punkte $d2$ gleich $g'h'$ ist, falls g' die im Punkte $d1$ auf die Masseneinheit wirkende Kraft, h' aber ebendort die Entfernung der beiden Niveaulflächen 1—1 und 2—2 bedeutet.

Hiernach ist die gesamte Arbeit der Kraft vom Punkte $a1$ über $d1$ bis $d2$ gleich $g'h'$.

Durch analoge Erwägung bestimmen wir die Arbeit auf dem vom Punkte $a1$ bis $a2$, und von hier zu $d2$ führenden Wege, und finden, dass dieselbe gleich gh ist, wo g die Kraft im Punkte $a1$ und h die an demselben Punkte gemessene Entfernung beider Niveaulflächen bedeutet. Da nun die Arbeit unabhängig ist vom Wege, folgt, dass

$$gh = g'h'$$

oder

$$\frac{g'}{g} = \frac{h}{h'}$$

das heisst: die Kraft an verschiedenen Punkten einer Niveaulfläche ist der längs der Kraftlinien gemessenen Entfernung der benachbarten Niveaulflächen umgekehrt proportional.

Wenn wir nun die Reihe der Niveaulflächen so wählen, dass die bei der Verschiebung der Masseneinheit zwischen zwei benachbarten Niveaulflächen geleistete Arbeit, im ganzen abzubildenden Raume überall gleich sei, dann stellt die an den Kraftlinien gemessene Entfernung der benachbarten Niveaulflächen überall deren Grösse dar.

So gedeutet, stellt unsere Figur die Kraft in ihrer Richtung und Grösse dar. Als in der Folge sehr wichtig, fügen wir noch eine Bemerkung bei.

Wenn wir die Schwere in einem so kleinen Teile der Niveaulfläche untersuchen, dass sie als gleichmässig veränderlich angenommen werden darf, finden wir eine Richtung, in welche die Zunahme der Schwere grösser ist, als in allen anderen Richtungen. Diese Zunahme auf der Strecke von 1 cm nennen wir den Gradienten der Schwerkraft in der Niveaulfläche. Ihr Zeichen sei $Gr(g)$

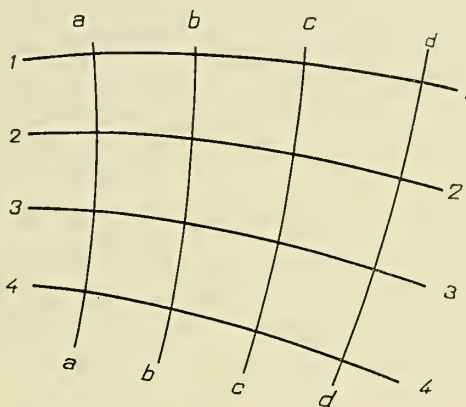


Fig. 3.

Der Gradient kann seiner Richtung und Grösse nach durch eine Gerade dargestellt werden. Die Änderung der Kraft in der Richtung der Gradienten längs der Strecke s ist gleich $s \cdot Gr(g)$, und in anderen Richtungen mit deren Projektion.

Wir können uns überzeugen, dass der Gradient mit der Krümmung der Kraftlinien, das heisst mit der Richtungsänderung der Schwere längs des Lotes, in engem Zusammenhange steht.

Es bedeuten in der einen Vertikalschnitt darstellenden Figur 4. A und B zwei, in die Richtung des Gradienten fallende Punkte der Niveaufläche. Es sei die Entfernung dieser Punkte 1 cm und die Schwere in A gleich g , folglich in B gleich $g + Gr(g)$. Bilden wir das Quadrat $ABCD$, und ziehen die Kraftlinie $e-e$, welche von AB vertikal abgehend, infolge ihrer Krümmung, CD mit einer Ablenkung ε von dieser Vertikalen treffen wird. Nun ist die Projektion der Kraft längs des Weges AB gleich null, doch längs des Weges CD gleich $g\varepsilon$, somit die bei der Verschiebung der Masseneinheit geleistete Arbeit von A bis B , und von hier bis D

$$= g + Gr(g)$$

hingegen ist die entsprechende Arbeit von A bis C , und von hier bis D

$$= g + g\varepsilon$$

Da aber die Arbeit vom Wege unabhängig, ist

$$g + Gr(g) = g + g\varepsilon$$

somit

$$Gr(g) = g\varepsilon$$

Das heisst: der Gradient der Schwere in einer Niveaufläche ist gleich der Projektion der Schwere eines 1 cm unter ihr liegenden Punktes auf diese Niveaufläche, oder genauer ausgedrückt: auf ihre Berührungsebene. Die Projektion der Schwere, eines h cm tiefer liegenden Punktes auf die Niveaufläche ist

$$= h \cdot Gr(g) = hg\varepsilon$$

2. Die übliche Beobachtungsweise der Schwere in der Vertikalen.

Die zur Beobachtung der Schwere von altersher gebräuchlichen Hilfsmittel sind das Senkblei, die Libelle und das Pendel. Die beiden ersten geben die Richtung der Schwere an, das Pendel aber ihre Beschleunigung: g . In neuerer Zeit hat man auch Versuche mit Apparaten angestellt, welche die Schwere statisch, mittels einer als konstant zu nehmenden Kraft messen. Als solche dienen die elastischen Kräfte fester Körper (Bathometer), ferner die Spannung der Gase und Dämpfe (MASCART, HECKER). Zur Bestimmung der Differenz der Schwere in verschiedenen Höhen wurde auch die Wage benützt (JOLLY).

Alle diese Apparate, im Gegensatz zu den in meinen Versuchen angewandten, stehen unter der Wirkung der ganzen vertikalen Schwere, somit lassen sich deren kleinere Änderungen nur als Bruchteile der ganzen grossen Kraft erkennen.

Wie wir gesehen haben, kann die Schwerkraft an der Erde durch Niveauflächen bestimmt werden; um also diese Kraft kennen zu lernen, haben wir die Gestalt und die Dimensionen dieser Niveauflächen zu ermitteln. Die Lösung dieser interessanten doch schweren Aufgabe hat sich die höhere Geodäsie zur Aufgabe gesteckt. Es kann ja als Gestalt der Erde nichts anderes betrachtet werden, als die an der Oberfläche der Meere sich hinziehende Niveaufläche. Diese Niveaufläche nennen wir das *Geoid*.

Die erste und wichtigste Aufgabe ist die Bestimmung der Gestalt und der Dimensionen des Geoids, ferner die Ergründung der Grösse der Schwere an allen seinen Punkten. Wir können uns nicht in die Behandlung der Methoden einlassen, welche zur Lösung dieser Aufgaben führten. Wir erwähnen nur, dass die Bestimmung der Gestalt hauptsächlich durch Abmessen der Länge eines Meridianbogens nebst der dazu gehörigen Richtungsänderung des Lotes erreicht wurden, während die Grösse der Beschleunigung sich aus Pendelbeobachtungen ergab.

Aus derartigen, an vielen Punkten der Erdoberfläche angestellten Beobachtungen hat sich ergeben, dass die wahre Geoidfläche keiner einfachen geometrischen Figur in aller Strenge entsprechen kann. Schon die sichtbare Erdoberfläche mit ihren Bergen, Tälern, Meeren und Kontinenten lässt dies vermuten. Wollen wir die Gestalt der Erde doch als die eines regelmässigen geometrischen Körpers auffassen, so kann dies nur mehr oder weniger annähernd geschehen. Eine solche, der Wirklichkeit möglichst nahe kommende Gestalt ist das Drehungsellipsoid, das wir mit seinen von BESSEL berechneten Dimensionen als die ideale Gestalt der Erde betrachten können. Die Geodäsie sieht heute ihre fernere Aufgabe darin, die Abweichungen von dieser idealen, auch normal genannten Gestalt mit möglichster Genauigkeit festzustellen.

Ebenso können auch die Änderungen der Schwere an der Oberfläche des Geoids, wie sie sich aus Beobachtungen ergeben, nicht durch irgend eine analytische Formel mit voller Genauigkeit dargestellt werden, es lässt sich aber eine Formel finden, die von sämtlichen beobachteten Werten möglichst wenig abweicht. Eine solche ist die heute am meisten angenommene HELMERTSche Formel. Die ihr entsprechenden Werte werden als normale Werte betrachtet, die Abweichungen von derselben als Störungen bezeichnet.

Die auf die idealen oder normalen Verhältnisse bezüglichen Daten sind die folgenden:

Das BESSELSche Ellipsoid:

Kleine Halbachse (Drehaxe) : $b = 635\,607\,895$ cm

Grosse Halbachse (Äquatoraxe): $a = 637\,739\,716$ cm

Die HELMERTSche Formel:

$$g = 978,00 (1 + 0,00531 \sin^2 \varphi)$$

wo φ die geographische Breite bedeutet.

Der letzteren Formel gemäss ist der Gradient der Schwere an der nördlichen

Hälfte der Geoidfläche überall nach Norden gerichtet, an der südlichen aber nach Süden, und seine Grösse ändert sich mit der geographischen Breite. Den grössten Wert erreicht er um den 45. Breitengrad; am Äquator und an den Polen ist er gleich null.

Dieser Gradient ist unter 45° Breite

$$Gr_{45}(g) = 8.16.10^{-9}$$

Unter der geographischen Breite Budapests (47.5°) aber

$$Gr_{47.5}(g) = 8.12.10^{-9}$$

welchem Werte entsprechend die Lotabweichung im Sinne der Erwägungen des vorangehenden Kapitels bei einer Erhebung von 5842 m eine Bogensekunde erreicht, und zwar in südlicher Richtung.

Entsprechend der normalen Erdgestalt und der HELMERTSchen Formel finden wir durch Rechnung, dass die Zunahme der Schwere nach abwärts auf jeden Zentimeter $3086 \cdot 10^{-9}$ beträgt, d. h. für jeden Meter 0,0003086, oder den Wert der Beschleunigung mit 980 *C. G. S.* angenommen, drei Zehnmilliontelteile derselben. Das ist mit der Änderung um 0.3 mgr am Gewichte eines Kilogrammes gleichbedeutend.

3. Die Schwerkraft in der horizontalen Berührungsebene einer Niveaufläche.

Es soll *H—H* die die Niveaufläche *N—N* im Punkte *C* berührende Ebene bedeuten, d. h. die zum Punkte *C* gehörende horizontale Ebene (Figur 5.). Es

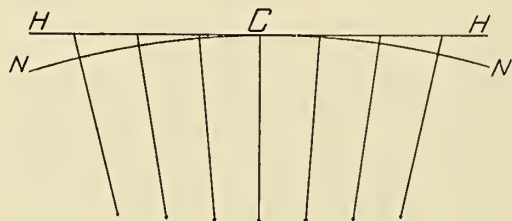


Fig. 5.

leuchtet unmittelbar aus der Zeichnung ein, dass die in die Horizontalebene fallende rechtwinkelige Komponente, d. h. die in dieser Ebene wirkende Kraft, nur im Punkte *C* gleich null ist. Im allgemeinen übt aber die Schwerkraft auch in der Horizontalebene eine Wirkung aus, und da ich in meinen auf die Schwerkraft bezüglichen Untersuchungen eben diese Wirkung verwertet habe,

wollen wir uns hier mit ihr eingehender befassen.

Indem wir diese horizontalen Kräfte in Betracht ziehen, machen wir auch in der Genauigkeit einen Schritt vorwärts. Während wir nämlich durch die Anwendung der im vorgehenden Kapitel beschriebenen Methoden die Kraft nur an einzelnen Punkten erkennen, gelangen wir mit dem neuen Verfahren zur Kenntnis der Änderungen der Kraft in jenem Raume, in welchem sich unser Apparat, der Balken des Torsions-Wage bewegt. Bei der Kleinheit dieses Raumes erreichen wir eine vollkommen genügende Annäherung, indem wir die Schwerkraft in diesem Teile des Raumes als gleichmässig veränderlich annehmen. Legen wir in der horizontalen Berührungsebene ein rechtwinkeliges Koordinatensystem *XY*, das den Punkt *C* als Anfangspunkt durchschneidet. Bezeichnen wir die Kraftkomponenten

mit X und Y , die Koordinaten eines Punktes der Ebene mit x, y ; dann werden, entsprechend der Annahme einer gleichmässig veränderlichen Kraft, ihre Komponenten

$$\left. \begin{aligned} X &= ax + a_1 y \\ Y &= by + b_1 x \end{aligned} \right\} \dots 1.$$

sein, wo a, a_1, b , und b_1 konstante Werte bezeichnen. Die Bedeutung der beiden Konstanten a und b erhellt aus folgender geometrischer Betrachtung. Legen wir durch den Punkt C und die Achse X eine auf die Niveaufläche normale Ebene, so wird in dem gewonnenen vertikalen Schnitt (Figur 6.):

$\overline{AG} = \text{der Schwere} = g$

$\overline{AF} = \text{dem absoluten, d. h. immer positiven Wert der in die Richtung } x \text{ fallenden Kraftkomponente; also in diesem Falle, da } x \text{ negativ ist, } = -X = -ax$

$\overline{OC} = \text{dem Krümmungsradius des durch die Achse } X \text{ gelegten Normalschnittes} = \rho_x$

$\overline{CA} = x$

infolge der Ähnlichkeit der Dreiecke AFG und ACO wird mit Berücksichtigung dessen, dass für OA auch $\overline{OC}$ gesetzt werden darf:

$$\frac{\overline{AG}}{\overline{AF}} = \frac{\overline{OC}}{\overline{CA}} \quad \text{oder} \quad -\frac{g}{ax} = \frac{\rho_x}{x}$$

somit

$$a = -\frac{g}{\rho_x}$$

Für die durch die Achse Y gehende Normal-ebene wird durch analoge Erwägung gefunden, dass

$$b = -\frac{g}{\rho_y}$$

Bezüglich der beiden andern Konstanten kann durch die Anwendung des Prinzips der Erhaltung der Energie erwiesen werden, dass

$$a_1 = b_1$$

Wenn wir nämlich in der Horizontalebene (Figur 7.) das Parallelogramm $CBDE$ so zeichnen, dass die Seiten CB und DE der Achse X , die Seiten CE und BD aber der Achse Y parallel seien, wird die während der Verschiebung der Masseneinheit geleistete Arbeit sein

$$\text{von } C \text{ bis } B = a \frac{x^2}{2}$$

$$\text{von } B \text{ bis } D = b \frac{y^2}{2} + b_1 x y$$

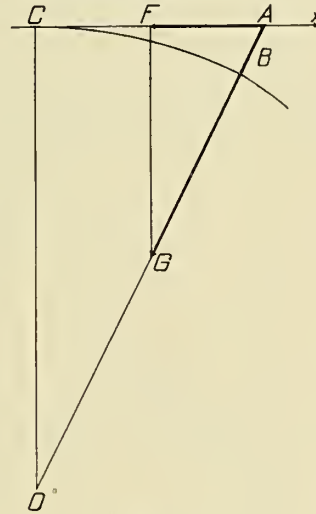


Fig. 6.

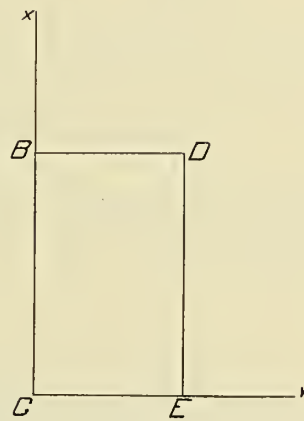


Fig. 7.

folglich die Summe

$$\text{von } C \text{ über } B \text{ bis } D = a \frac{x^2}{2} + b \frac{y^2}{2} + b_1 xy$$

Anderseits ist diese Arbeit

$$\text{von } C \text{ bis } E = b \frac{y^2}{2}$$

$$\text{von } E \text{ bis } D = a \frac{x^2}{2} + a_1 xy$$

also

$$\text{von } C \text{ über } E \text{ bis } D = a \frac{x^2}{2} + b \frac{y^2}{2} + a_1 xy$$

Da nun diese auf zwei verschiedenen Wegen geleisteten Arbeiten gleich sind, muss auch

$$a_1 = b_1 = c$$

sein, indem wir den gemeinschaftlichen Wert beider Konstanten mit c bezeichnen.

Somit genügen zur Charakterisierung der in der Ebene gleichmässig veränderlichen Kraft drei Konstanten, und die Gleichungen 1. lassen sich auch auf folgende Weise aufschreiben:

$$\left. \begin{aligned} X &= ax + cy \\ Y &= by + cx \end{aligned} \right\} \dots 2.$$

Für ein anderes rechtwinkeliges Koordinatensystem $X' Y'$ (Figur 8.), dessen Achse X' mit der Achse X den Winkel λ einschliesst, in welchem wir die Koordinaten eines Punktes mit x' und y' , die Kraftkomponenten aber mit X' und Y' bezeichnen, wird

$$X' = a'x' + c'y'$$

$$Y' = b'y' + c'x'$$

Wir wollen nun zeigen, dass dieses neue Koordinatensystem auch so gewählt werden kann, dass für dasselbe $c' = 0$ sei.

Nach den bekannten Formeln für die Transformation der Koordinaten ist:

$$X = X' \cos \lambda - Y' \sin \lambda$$

$$Y = X' \sin \lambda + Y' \cos \lambda$$

ferner

$$x = x' \cos \lambda - y' \sin \lambda$$

$$y = x' \sin \lambda + y' \cos \lambda$$

welche Werte in

$$X = ax + cy$$

$$Y = by + cx$$

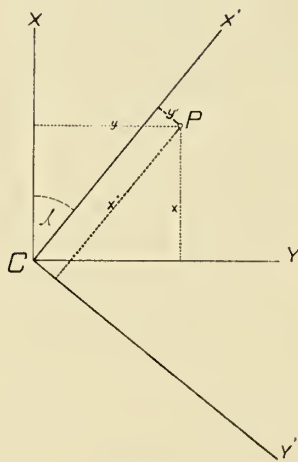


Fig. 8.

substituiert,

$$X' \cos \lambda - Y' \sin \lambda = ax' \cos \lambda - ay' \sin \lambda + cx' \sin \lambda + cy' \cos \lambda$$

$$X' \sin \lambda + Y' \cos \lambda = bx' \sin \lambda + by' \cos \lambda + cx' \cos \lambda - cy' \sin \lambda$$

gewonnen wird, hieraus folgt einerseits

$$X' \cotg \lambda - Y' = ax' \cotg \lambda - ay' + cx' + cy' \cotg \lambda$$

$$X' \tg \lambda + Y' = bx' \tg \lambda + by' + cx' - cy' \tg \lambda$$

und durch Addition:

$$X' (\tg \lambda + \cotg \lambda) = (a \cotg \lambda + b \tg \lambda + 2c) x' + \{(b - a) + c (\cotg \lambda - \tg \lambda)\} y' \dots *$$

andererseits:

$$X' - Y' \tg \lambda = ax' - ay' \tg \lambda + cx' \tg \lambda + cy'$$

$$X' + Y' \cotg \lambda = bx' + by' \cotg \lambda + cx' \cotg \lambda - cy'$$

und auch diese addiert:

$$Y' (\cotg \lambda + \tg \lambda) = \{(b - a) + c (\cotg \lambda - \tg \lambda)\} x' + (b \cotg \lambda + a \tg \lambda - 2c) y' \dots *$$

Beide Seiten der mit * bezeichneten Gleichungen mit $(\cotg \lambda + \tg \lambda)$ dividiert, erhält man mit Benützung trigonometrischer Relationen:

$$X' = (a \cos^2 \lambda + b \sin^2 \lambda + c \sin 2\lambda) x' + \left\{ \frac{1}{2} (b - a) \sin 2\lambda + c \cos 2\lambda \right\} y'$$

$$Y' = \left\{ \frac{1}{2} (b - a) \sin 2\lambda + c \cos 2\lambda \right\} x' + (b \cos^2 \lambda + a \sin^2 \lambda - c \sin 2\lambda) y'$$

Es ergibt sich also, dass λ , und somit auch das System $X'Y'$ immer so gewählt werden kann, dass im Werte des X' der Faktor des y' , im Werte des Y' aber der Faktor des x' gleich null werde, d. h. wir können

$$\frac{1}{2} (b - a) \sin 2\lambda + c \cos 2\lambda = 0$$

machen wodurch

$$\tg 2\lambda = - \frac{2c}{b-a} \quad \left\{ \dots 3. \right.$$

Für dieses bevorzugte System werden:

$$X' = (a \cos^2 \lambda + b \sin^2 \lambda + c \sin 2\lambda) x'$$

$$Y' = (b \cos^2 \lambda + a \sin^2 \lambda - c \sin 2\lambda) y'$$

sein, oder wenn

$$\left. \begin{aligned} A &= a \cos^2 \lambda + b \sin^2 \lambda + c \sin 2\lambda \\ B &= a \sin^2 \lambda + b \cos^2 \lambda - c \sin 2\lambda \end{aligned} \right\} \dots 4.$$

gesetzt wird, auch

$$\left. \begin{aligned} X' &= A x' \\ Y' &= B y' \end{aligned} \right\} \dots 5.$$

Für Punkte längs der Achse X' , wo $y' = 0$ und damit auch $Y' = 0$ ist, fällt die ganze Kraft in die Richtung der Achse X' ; ebenso wie für Punkte längs der Achse Y' , wo $x' = 0$ und $X' = 0$, in die Richtung der Achse Y' .

Die Richtungen dieser bevorzugten Achsen X' und Y' nennen wir Hauptrichtungen.

Dieselben gestatten auch einen tieferen Einblick in die Krümmungsverhältnisse der Niveauflächen.

Man pflegt die Krümmung der um einen Punkt liegenden Flächenteile durch die Krümmung jener Bogen zu charakterisieren, in denen die Fläche der durch diesen Punkt normal gelegten Ebenen geschnitten wird.

An einer Kugelfläche sind alle verschieden gerichteten Normalschnitte Kreisbögen gleicher Krümmung, an allen anderen krummen Flächen sind aber diese Krümmungen verschieden. Unter den Normalschnitten verschiedener Richtung gibt es sehr wichtige Beziehungen, die wir hier hervorheben müssen.

Zu diesem Zwecke bilden wir aus den Gleichungen 3. und 4. folgende zwei Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} a &= A \cos^2 \alpha + B \sin^2 \alpha \\ b &= A \sin^2 \alpha + B \cos^2 \alpha \end{aligned} \right\} \dots 6.$$

und mit Benützung der oben gewonnenen beiden Relationen:

$$\left. \begin{aligned} a &= -\frac{\mathcal{G}}{\rho_x} \\ b &= -\frac{\mathcal{G}}{\rho_y} \end{aligned} \right\} \dots 7.$$

setzen wir für die beiden Hauptrichtungen X' und Y' :

$$\left. \begin{aligned} A &= -\frac{\mathcal{G}}{r_1} \\ B &= -\frac{\mathcal{G}}{r_2} \end{aligned} \right\} \dots 8.$$

und diese Werte in die Gleichung einführend:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\rho_x} &= \frac{1}{r_1} \cos^2 \alpha + \frac{1}{r_2} \sin^2 \alpha \\ \frac{1}{\rho_y} &= \frac{1}{r_1} \sin^2 \alpha + \frac{1}{r_2} \cos^2 \alpha \end{aligned} \right\} \dots 9.$$

Durch Addition beider:

$$\frac{1}{\rho_x} + \frac{1}{\rho_y} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \left\} \dots 10.$$

und dies bedeutet, dass die Summe der reziproken Werte der Krümmungsradien je zweier aufeinander rechtwinkligen Normalschnitte konstant ist.

Die Gleichungen 7. lassen sich auch in folgender Form aufschreiben:

$$\frac{1}{\rho_x} = \frac{1}{r_1} + \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \sin^2 \alpha = \frac{1}{r_2} - \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \cos^2 \alpha$$

$$\frac{1}{\rho_y} = \frac{1}{r_1} + \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \cos^2 \alpha = \frac{1}{r_2} - \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \sin^2 \alpha$$

woraus ersichtlich ist, dass die Werte $\frac{1}{\rho_x}$ und $\frac{1}{\rho_y}$ immer zwischen den Werten $\frac{1}{r_1}$ und $\frac{1}{r_2}$ liegen. Dasselbe gilt selbstverständlich auch für die Werte ρ_x und ρ_y , indem diese auch zwischen die Werte r_1 und r_2 fallen. Darum zeichnen sich r_1 und r_2 gegenüber allen übrigen ρ -Werten dadurch aus, dass der eine von beiden grösser, der andere aber kleiner ist, als die sämtlichen übrigen (Maximum, Minimum). Darum nennen wir die Krümmungsradien r_1 und r_2 Hauptkrümmungsradien, und die normalen Schnitte, zu denen sie gehören, Hauptebenen.

Die Schnitte der Hauptebenen mit der Berührungsebene sind jene früher festgestellten Hauptrichtungen.

Bisher haben wir uns mit der analytischen Darstellung der in der horizontalen Ebene wirksamen Kräfte befasst. Wir können dies bei Verwendung der bekannten Werte für a , b , c tun, doch auch mit Zuhilfenahme unserer Kenntnis der Werte der Krümmungsradien r_1 und r_2 , und der Richtung der Hauptebenen, da ja der Zusammenhang dieser zweiten Datengruppe mit der ersten durch die Gleichungen 7. und 8. ferner 3. und 6. gegeben ist.

Zum besseren Verständnis dürfte es nicht überflüssig sein, die in der horizontalen Ebene wirkenden Kräfte und ihre Kraftlinien auch graphisch darzustellen.

In den folgenden drei Zeichnungen (Seiten 16, 17, 18.) haben wir dieselben den Gleichungen

$$X' = Ax'$$

$$Y' = By'$$

entsprechend dargestellt. Und zwar:

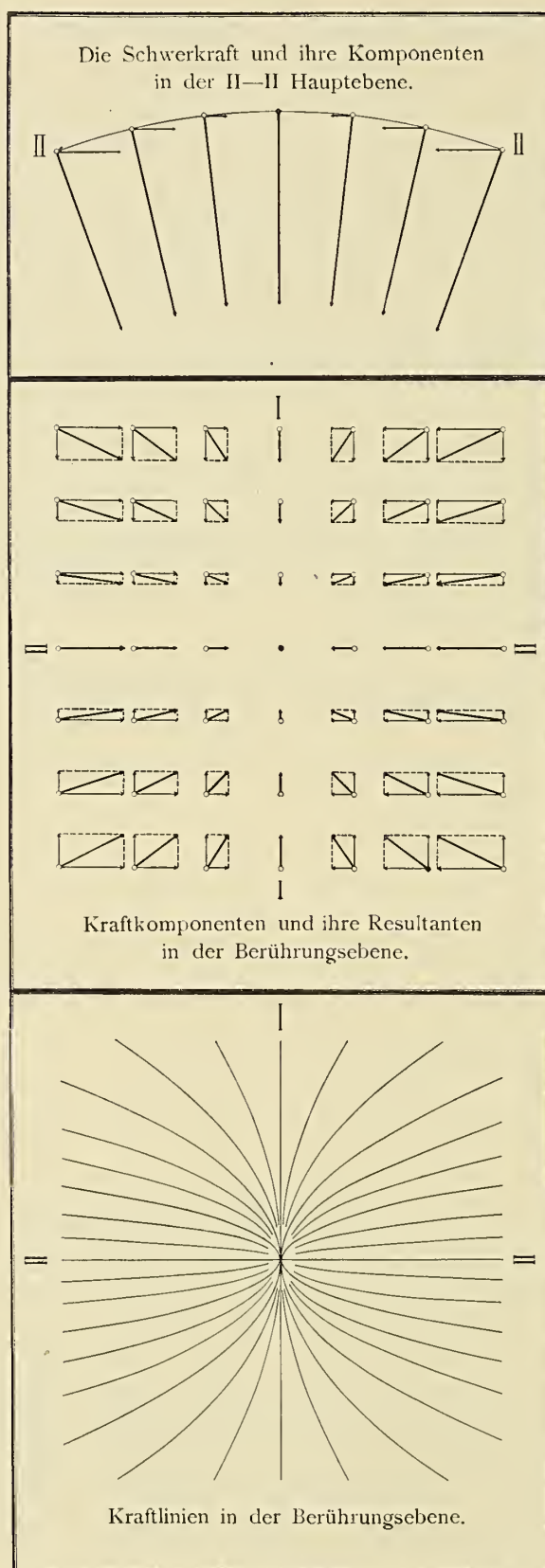
in der Figur 9. für den allgemeinen Fall, wo A und B von der Null und von einander verschieden sind;

in der Figur 10. für den Fall der Kugelfläche, wo $A=B$ ist;

in der Figur 11. für den Fall des Kreiszylinders, wo $B=0$ und A von null verschieden ist.

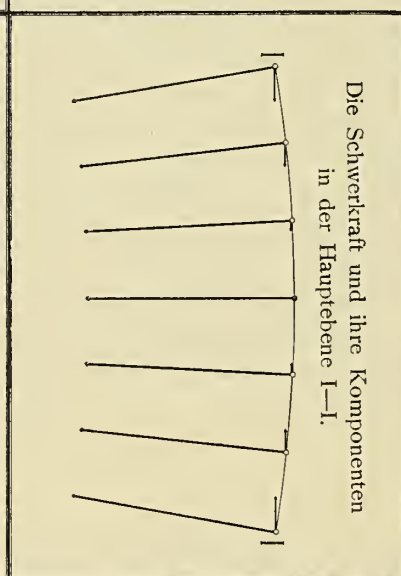
Unsere Zeichnungen beziehen sich auf konvexe Flächen, als den gewöhnlichen Fall der Niveaulflächen. A und B sind dann negativ. Wenn die zwei Normalschnitte, oder nur einer von beiden konkav, d. h. wenn A und B , oder nur eine dieser Grössen positiv wäre, dann könnten wir die Kraftverhältnisse auf ähnliche Weise darstellen.

Nachdem wir die Kräfte in der horizontalen Ebene kennen, wollen wir auf die ihnen entsprechenden Bewegungen, oder auf Gleichgewichtsverhältnisse schliessen. Wir werden uns hier nur mit der Mechanik eines um den Punkt C drehbaren geraden starren Balkens befassen. Die Massen können längs des Balkens auf verschiedene Art verteilt sein; in der Praxis sind sie vorwiegend an den Enden befestigt.



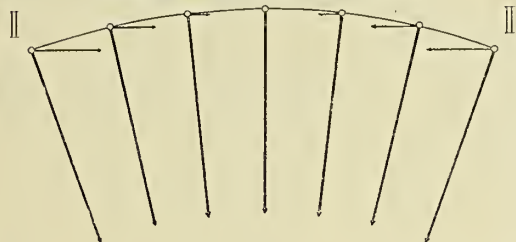
Kräfte und Kraftlinien in der Berührungsebene beliebiger konvexer Flächen.

In den Gleichungen $X' = Ax'$ und $Y' = By'$ sind A und B von null und von einander verschieden.



I—I und II—II stellen die horizontalen Schnitte der Hauptebenen, d. h. die zwei Hauptrichtungen dar. Die in diese Richtungen fallenden Kraftlinien sind gerade.

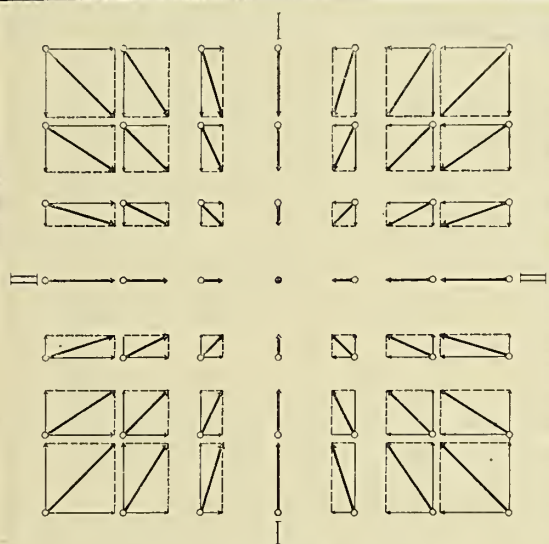
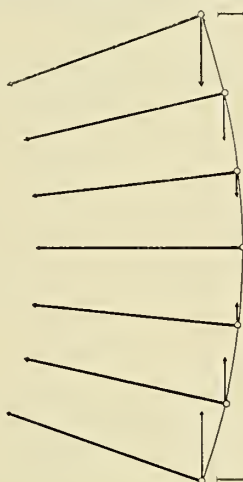
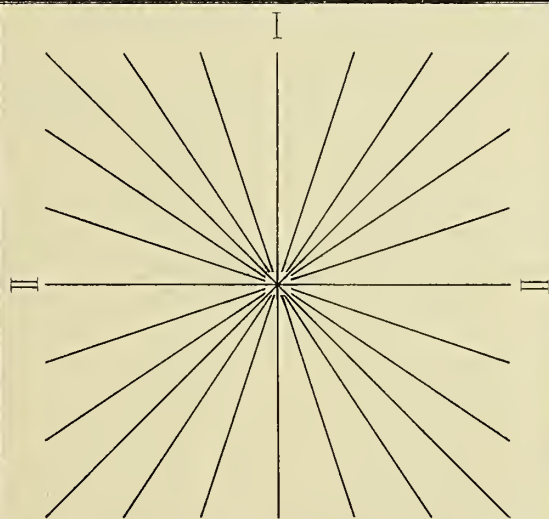
Fig. 9.

Die Schwerkraft und ihre Komponenten
in dem Normalschnitte II—II

Kräfte und Kraftlinien in der
Berührungsebene der Kugel.

In den Gleichungen $X' = Ax'$
und $Y' = By'$

$$A = B.$$

Kraftkomponenten und ihre Resultanten
in der Berührungsebene.Die Schwerkraft und ihre Komponenten
in dem Normalschnitte I—I.

Kraftlinien in der Berührungsebene.

Sämtliche Kraftlinien sind in
einem Punkte zusammenlau-
fende Geraden.

Fig. 10.

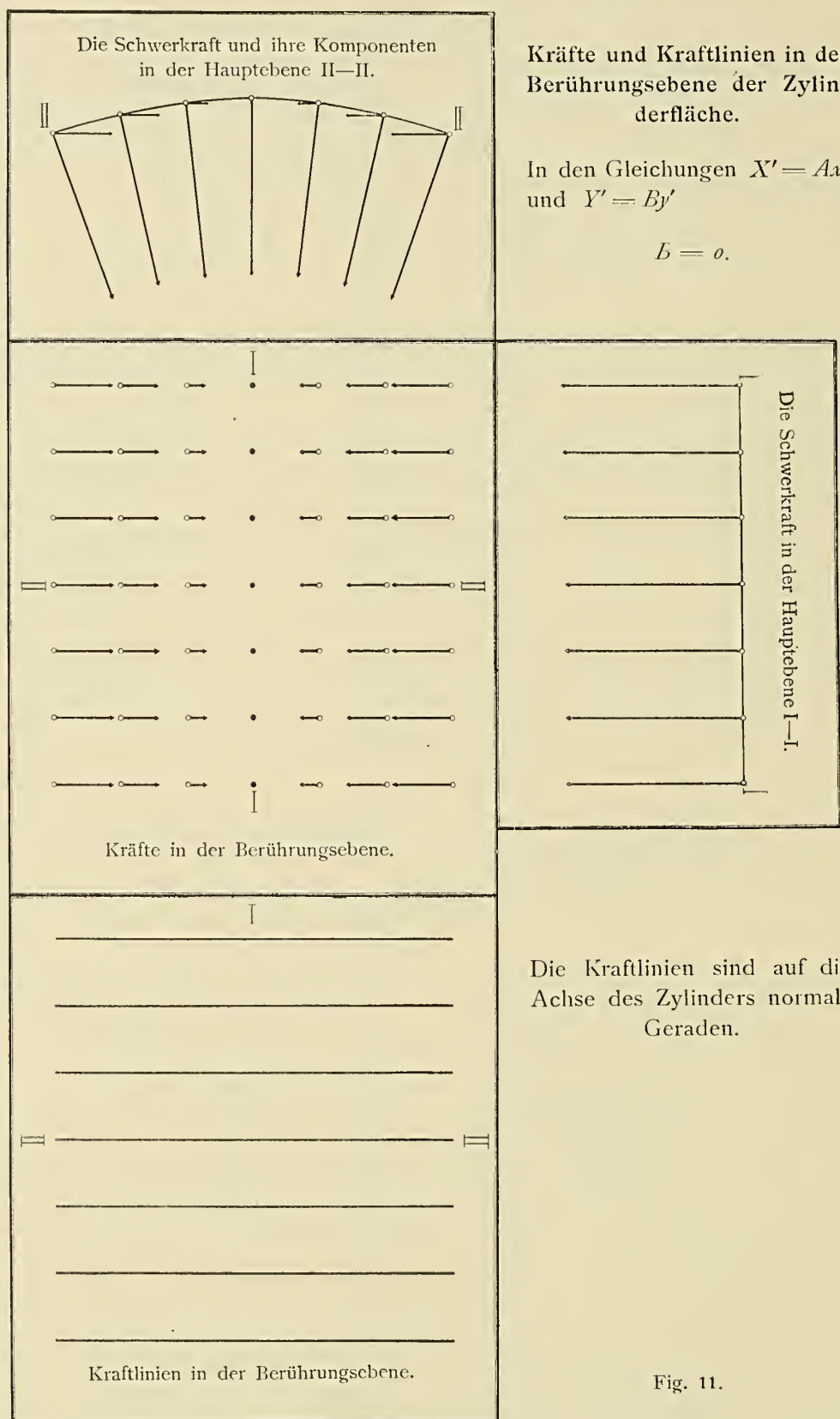


Fig. 11.

Ein Blick auf die Figur 9. belehrt uns darüber, dass auf den um C in einem Kreis beweglichen Massenpunkt drehende Kräfte einwirken, da die Kraftlinien im allgemeinen auf den Kreis nicht normal sind. Nur vier Punkte machen eine Ausnahme: jene, in denen die Hauptebenen den Kreis durchschneiden. Noch deutlicher ist dies in der Figur 12. ersichtlich, in welcher die in die Tangente des Kreises fallenden Komponenten auch besonders konstruiert sind. Solche drehende Kräfte wirken auch im Falle der in der Figur 11. dargestellten Zylinderfläche, doch fehlen sie an der Kugel, in deren berührenden (horizontalen) Ebene die Kraftlinien auf die Kreislinie überall normal sind.

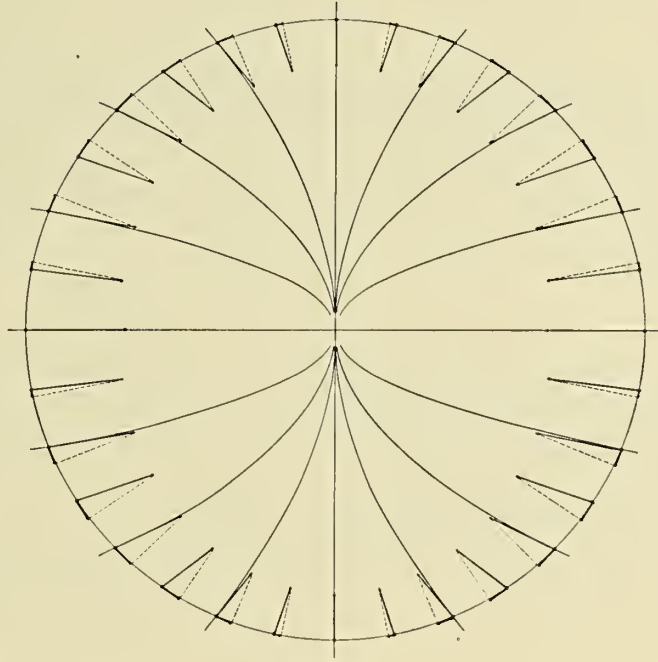


Fig. 12.

Berechnen wir nun das auf einzelne Punkte des Balkens und das auf den ganzen Balken wirkende Drehungsmoment (Figur 13.).

Zum Koordinatensystem wählen wir das System $X' Y'$, dessen Achsen in die Hauptrichtungen fallen; wenn X' und Y' die auf die Masseneinheit wirkenden Kraftkomponenten bezeichnen, sind die auf die Masse m wirkenden Kraftkomponenten

$$P_x = m X' \quad P_y = m Y'$$

Nach bekannten Sätzen der Mechanik ist das auf die Masse m wirkende Drehungsmoment

$$P_y x' - P_x y' = m Y' x' - m X' y'$$

Wir bezeichnen nun den Drehungsradius des m mit l , den durch diesen mit der Achse X' eingeschlossenen Winkel mit u , da

$$X' = A x' \quad Y' = B y'$$

d. h.

$$X' = A l \cos u \quad Y' = B l \sin u$$

$$x' = l \cos u \quad y' = l \sin u$$

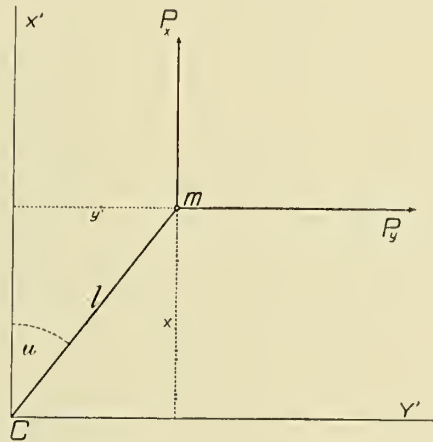


Fig. 13.

so finden wir als Wert des Drehungsmomentes:

$$\begin{aligned} &= m l^2 B \sin u \cos u - m l^2 A \sin u \cos u \\ &= -\frac{1}{2} m l^2 (A - B) \sin 2u \end{aligned}$$

Für sämtliche zum Balken gehörende Punkte ist die Summe solcher Ausdrücke zu nehmen, somit wird das am ganzen Balken wirkende Drehungsmoment:

$$F = -\frac{1}{2} \Sigma (m l^2) (A - B) \sin 2u$$

Welche von den beiden Hauptebenen zur Achse X' und welche zur Achse Y' gewählt werden soll, wollen wir so entscheiden, dass $A - B$ immer positiv sei. Diese stets positive Grösse werden wir von nun an mit R bezeichnen. Der Kürze wegen führen wir auch für die Summe $\Sigma (m l^2)$ das gebräuchliche Zeichen K ein, indem wir zugleich bemerken, dass diese Grösse den Namen Trägheitsmoment führt. So wird dann

$$F = -\frac{1}{2} K R \sin 2u \quad . . . \quad 11.$$

Dieser Ausdruck zeigt, dass die drehende Kraft den Balken in die Richtung jenes X' einzustellen trachtet, in welchen $A - B$, d. h. R positiv wird. Da jenes Drehungsmoment, das diese Einstellung bewerkstelligt, für denselben Balken bei demselben Ausschlage mit R proportional ist, werden wir dieser Grösse R den Namen horizontale Richtkraft beilegen.

Diese in der Horizontale wirkende Richtkraft soll gut unterschieden werden von jener, welche in der vertikalen Ebene wirkt; dort ist das Drehungsmoment:

$$\Phi = -m g s \sin u$$

und somit die Richtkraft durch g selbst gegeben.

Eine, vom Standpunkte der Geodäsie interessante Aufgabe meiner Untersuchungen ist eben die Bestimmung dieser horizontalen Richtkraft, da sie

$$R = A - B = \frac{g}{r_2} - \frac{g}{r_1}$$

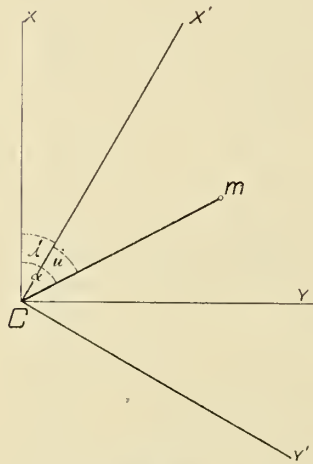


Fig. 14.

ausserdem ergibt die Richtung des R die Richtung der Hauptkrümmungsebene.

Da bei der Erforschung dieser Grössen diese Richtungen noch unbekannt sind, so müssen wir bei unseren Beobachtungen vorläufig noch ein anderes Koordinatensystem benützen. So nehmen wir X gewöhnlich als gegen Norden, Y aber als gegen Osten gerichtet an.

Die Gleichung 11. können wir durch einfache Rechnung mittels solcher Grössen ausdrücken, welche auf ein gegen das System $X'Y'$ um den Winkel α gedrehtes System XY bezogen werden. Es soll nach der Figur 14.

$$u = \alpha - \lambda$$

dann wird mit Rücksicht auf die Gleichungen 4.:

$$R = A - B = (a - b) \cos 2\lambda + 2c \sin 2\lambda \quad . . . \quad 12.$$

und indem wir auch noch die Gleichung 3. benützen, erhalten wir

$$F = \frac{K}{2} (b - a) \sin 2\alpha + Kc \cos 2\alpha \quad \left. \vphantom{F = \frac{K}{2} (b - a) \sin 2\alpha + Kc \cos 2\alpha} \right\} \dots 13.$$

Wie wir sehen werden, liefern die Beobachtungen die Werte $(b - a)$ und c , und durch Verwendung dieser Werte können mit Hilfe der Formeln 3. und 12. auch R und λ berechnet werden.

4. Die Methode der Messungen.

Die Variationen der Schwerkraft in der horizontalen Ebene lassen sich mit einer Torsionswaage bestimmen, auf deren Draht ein gerader Balken horizontal aufgehängt ist. Es ist zweckmässig an den Enden des Balkens grössere Gewichte anzubringen (Figur 15.).

Dem durch die Schwerkraft an dem Balken erzeugten Drehungsmoment wirkt hier die aus der Torsion entstehende elastische Kraft entgegen. Wenn ϑ die Torsion des Drahtes bedeutet, dann ist das Drehungsmoment der durch Torsion hervorgerufenen elastischen Kraft:

$$\tau\vartheta$$

wo τ die Torsionskonstante des benützten Drahtes ist. Folglich muss für den Fall des Gleichgewichts

$$\tau\vartheta = F$$

sein, wenn mit F das Drehungsmoment der in der horizontalen Ebene wirkenden Kräfte bezeichnet wird, dessen Grösse in der Gleichung 13. des vorangehenden Kapitels schon entwickelt wurde. Es ist somit

$$\tau\vartheta = \frac{K}{2} (b - a) \sin 2\alpha + Kc \cos 2\alpha \quad \dots 14.$$

Wird das Koordinatensystem so gewählt, dass X gegen Norden, Y aber gegen Osten gerichtet sei, werden wir den Winkel α von Norden gegen Osten messen und ihn den Azimut des Balkens nennen. Wird das obere Ende des Drahtes auf das das ganze Gehänge umschliessende Gehäuse befestigt, kann der Balken durch Drehung des Gehäuses um seine vertikale Achse in verschiedene Azimute gebracht werden.

Durch Beobachtung des Torsionswinkels in verschiedenen Azimuten wird es nun möglich die Werte $b - a$ und c zu bestimmen.

Eine geringe Modifikation am Apparate ermöglicht auch noch mehr. Wir können auch die Richtung und die Grösse des im I. Kapitel behandelten Gradienten $Gr(g)$ bestimmen.

Hängen wir eines der am Ende des Balkens befestigten Gewichte um H tiefer (Figur 16.). Der Draht wird in diesem Falle in der Richtung des im Schwerpunkte S vereinigten Gewichtes des ganzen Gehänges gestreckt, und die Drehung

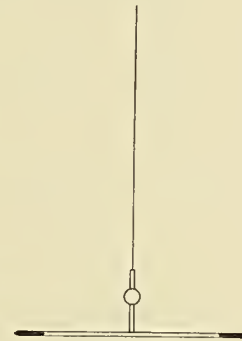


Fig. 15.

findet um die Richtung der in S wirkenden Schwere statt. Jeder Punkt des Gehänges bewegt sich in Ebenen, die der horizontalen Ebene des S parallel sind.

Die Schweren der Massen m und m' aber sind hier mit der Drehungsachse nicht gleichgerichtet: die Schwere der tiefer liegenden Masse m weicht in der Richtung des Gradienten ab, die der höheren Masse m' in entgegengesetzter Richtung.

Diese Abweichung für eine Höhendifferenz von 1 cm wie früher (Seite 8.) mit ε bezeichnend, beträgt sie für die um h tiefer und um h' höher gelegenen Massen m und m'

$$h \varepsilon$$

resp.

$$h' \varepsilon$$

Die Projektionen der Kräfte auf die Drehebene sind folglich:

$$m h \varepsilon = m h Gr(g)$$

$$m' h' \varepsilon = m' h' Gr(g)$$

wo wir die im Kapitel I. festgestellten Relationen bezüglich der vertikalen Richtungsänderung der Schwere und ihren Gradienten verwertet haben.

Untersuchen wir diese Verhältnisse in der durch den Schwerpunkt S gelegten horizontalen Projektionsebene (Figur 17.). Bezeichnen wir, so wie früher, mit α den Azimut des Balkens und mit γ den Azimut des Gradienten, so wird die auf m wirkende Kraft:

$$P = m h Gr(g)$$

die auf m' wirkende Kraft:

$$P' = m' h' Gr(g)$$

und das Drehungsmoment dieser Kräfte:

$$\Phi = \{m l h Gr(g) + m' l' h' Gr(g)\} \sin(\gamma - \alpha)$$

Für die Gleichgewichtslage des Balkens in der vertikalen Ebene (wie beim Wagebalken) ist

$$m' l' = m l$$

Indem wir nun $h + h' = H$ setzen und den Ausdruck $\sin(\gamma - \alpha)$ entwickeln, finden wir:

$$\Phi = -m H l Gr(g) \cos \gamma \sin \alpha + m H l Gr(g) \sin \gamma \cos \alpha$$

wir führen ferner die Bezeichnungen ein

$$\left. \begin{aligned} Gr(g) \cos \gamma &= G_x \\ Gr(g) \sin \gamma &= G_y \end{aligned} \right\} \dots 15.$$

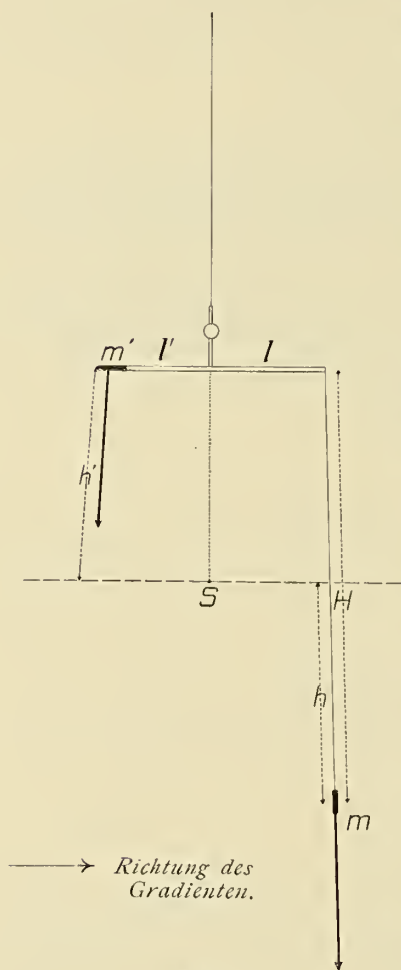


Fig. 16.

womit wir auch ausgedrückt haben, dass G_x und G_y die rechtwinkligen Komponenten des Gradienten sind.

Sonach wird

$$\Phi = -m H l G_x \sin \alpha + m H l G_y \cos \alpha \quad . . . 16.$$

Im Falle des tiefer liegenden Gewichtes m besteht das den gesamten Variationen entsprechende Drehungsmoment aus zwei Teilen: der eine ist das in der horizontalen Ebene wirkende Drehungsmoment F , der zweite aber das der nach abwärts gerichteten Richtungsänderung, das ist dem $Gr(g)$ entsprechende Drehungsmoment Φ . Das gesamte, durch die Schwerkraft erzeugte Drehungsmoment wird also:

$$F + \Phi$$

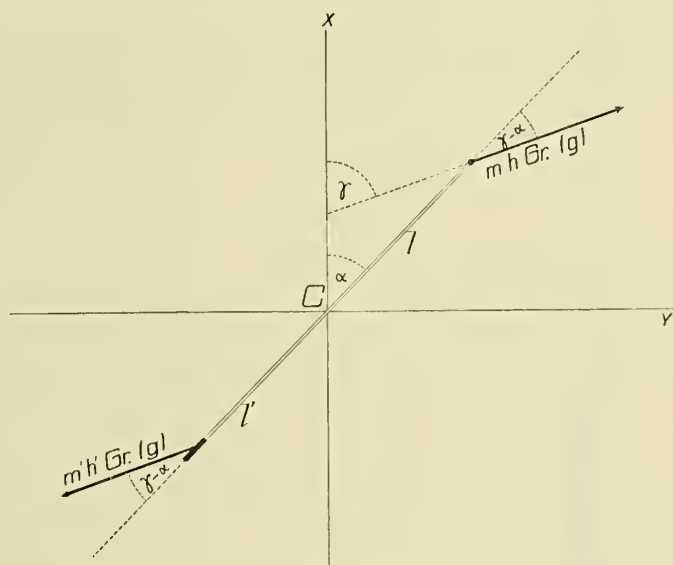


Fig. 17.

und wenn diesem die Torsionskraft das Gleichgewicht hält:

$$\tau \vartheta = F + \Phi$$

Die Werte des F und Φ den Gleichungen 14. und 16. entnehmend, wird die Gleichgewichtsbedingung einer derartigen Aufhängung durch

$$\tau \vartheta = \frac{K}{2} (b-a) \sin 2 \alpha + K c \cos 2 \alpha - m H l G_x \sin \alpha + m H l G_y \cos \alpha \quad 17.$$

ausgedrückt. Diese Gleichung wird uns durch entsprechende Wahl verschiedener Azimute α zur Bestimmung der Werte von $b-a$ und ausser c auch zur Kenntnis der Richtung und Grösse der Gradienten G_x und G_y führen.

Der Apparat selbst, mit dem wir derartige Messungen ausführten, ist im Prinzip sehr einfach: eine Torsionswaage, an deren Balken Gewichte in verschiedener Höhe angebracht sind, und deren Gehäuse um eine vertikale Achse drehbar ist. Die Stellung des Gehäuses wird durch einen horizontalen, mit Gradteilung versehenen Kreis angegeben. Die Lage des Balkens, die sich durch die Drillung

dem Gehäuse gegenüber ändert, wird mittels Spiegelablesung bestimmt. Zu diesem Zwecke sind an dem Balken ein Spiegel, am Gehäuse aber Fernrohr und Skala befestigt. Man muss aber auf die Herstellung dieses einfachen Apparates viel Sorgfalt verwenden, da wir ja von ihm bei ausserordentlicher Empfindlichkeit auch eine grosse Genauigkeit fordern. Der normale Wert des Gradienten: $8 \cdot 10^{-9}$ lässt es erraten, dass unser Apparat auch noch kleinere Werte angeben muss, wenn wir mit denselben Abweichungen von den normalen Werten beobachten

wollen. Der bei diesen Untersuchungen benutzte Apparat erlaubt den Gradienten mit einer Genauigkeit zu bestimmen, welche $1 \cdot 10^{-9}$ C. G. S. erreicht.

Diese grosse Empfindlichkeit, d. h. ein genügend grosser Drillungswinkel ϑ , wird nebst den richtig gewählten Dimensionen des Balkens und der Massen durch Benützung eines entsprechenden Drahtes erreicht. Die Formel 17. zeigt ja, dass ϑ mit mHl und K wächst, mit τ aber umgekehrt proportional ist. An meinem Apparat war die Länge des aus einer dünnwandigen Messingröhre gemachten Balkens 40 cm. In das eine Ende war ein Platinzylinder eingeschoben, und am anderen Ende ein zweiter Platinzylinder aufgehängt; die Masse des ersten war 30 gr, des zweiten 25.5 gr. Dieser hing 66 cm tiefer als der erste. Zur Aufhängung des so belasteten Balkens wurde ein ca. 56 cm langer Draht verwendet, den wir so wählen mussten, dass

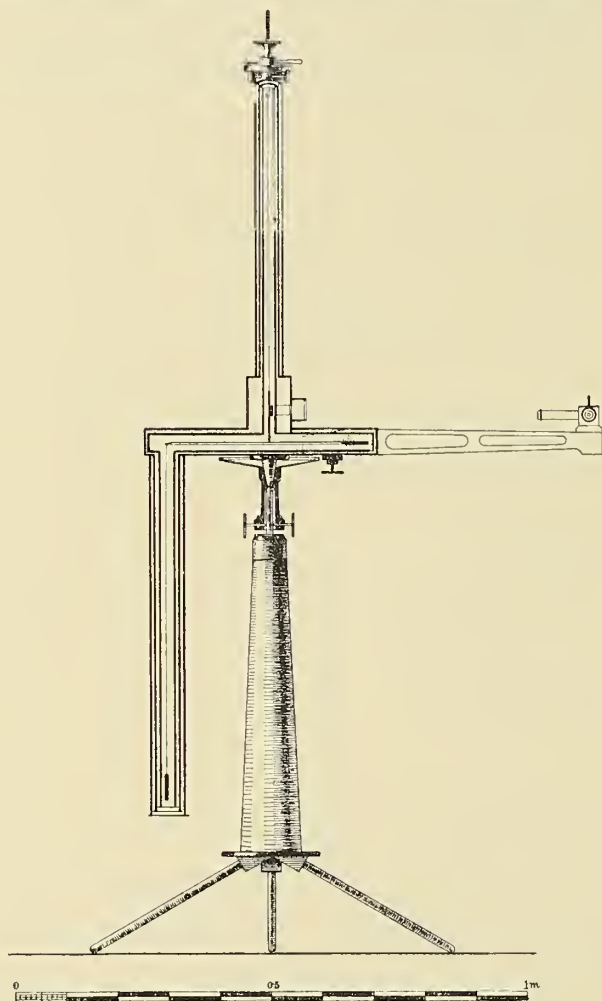


Fig. 18.

er bei genügender Tragkraft möglichst dünn sei. Drähte aus Platiniridium haben bei einem Durchmesser von ungefähr 0.04 mm nach genügend lang dauernder vorheriger Streckung dem Zweck gut entsprochen. Die Torsionskonstante τ war ungefähr 0.4 und die einfache Schwingungsdauer der ganzen Einrichtung beiläufig 11 Minuten.

Man muss noch auf genügenden Schutz des empfindlichen schwingenden Systems bedacht sein, und zwar gegen die störende Wirkung der Luftströmungen, ferner gegen einseitige Bestrahlung, oder anderweitige Erwärmungen und Abkühlungen. Darum wurde das Gehänge in ein doppelwandiges Messinggehäuse

geschlossen, wobei man darauf bedacht war, dass die von auswärts eindringende Wärme, infolge möglichst gleichmässiger Dicke der Wände, den Innenraum möglichst gleichmässig erwärme.

Figur 18. zeigt den Apparat im Durchschnitt. Detailliertere Angaben sind in den in der Einleitung aufgezählten Abhandlungen zu finden.

Unsere Aufgabe ist nun die auf die Variationen der Schwerkraft bezüglichen Daten: $(b-a)$, c , G_x und G_y durch die Drillungen zu messen, welche der Draht bei Versetzung des Gehäuses in verschiedene Azimute α erleidet. Diese Drillung ist aus der Gleichung 17.:

$$\vartheta = \frac{1}{2} \frac{K}{\tau} (b-a) \sin 2\alpha + \frac{K}{\tau} c \cos 2\alpha - \frac{mHl}{\tau} G_x \sin \alpha + \frac{mHl}{\tau} G_y \cos \alpha \quad 18.$$

K , m , H , l und τ sind die Konstanten des Apparates, die durch entsprechende Methoden zu bestimmen sind. (Siehe die oben zitierten Abhandlungen.)

Für unseren Apparat fanden wir:

$$\begin{aligned} m &= 25.43 \text{ gr} \\ l &= 20 \text{ cm} \\ H &= 66 \text{ cm} \\ K &= 21095 \text{ C. G. S.} \end{aligned}$$

Der vom Drahte abhängige Wert τ war aber in den im Jahre 1903 angestellten Beobachtungen nicht genau derselbe, wie in 1901, da der alte Draht inzwischen durch einen neuen ersetzt wurde.

$$\text{Für den Draht in 1901: } \tau = 0.4586$$

$$\text{Für den Draht in 1903: } \tau = 0.4578$$

Diese Werte sind in die obige Formel zu setzen. Doch vorher werden wir noch statt ϑ den vor dem Fadenkreuz des Fernrohrs erscheinenden Skalenteil in unsere Rechnungen einführen. Wenn die der Drillung ϑ entsprechende Skalenablesung n ist, n_0 aber die dem ungedrillten Draht entsprechende, wird nach den Regeln der Spiegelablesung

$$\vartheta = \frac{n_0 - n}{2D}$$

sein, wo D die Entfernung der Skala vom Spiegel in der Einheit der Skalenteilung bedeutet. Wir müssen bemerken, dass wir am Apparate aus Raumersparnis ein gebrochenes Fernrohr angebracht haben.

Die Teilung unserer Skala war eine von Halbmillimetern und das D am Apparate 1232 Halbmillimeter, so dass

$$\vartheta = \frac{n_0 - n}{2464}$$

Diese Werte und die Werte der Konstanten des Apparates in die Gleichung 18. substituiert, wird nach Vollführung der Rechnungen sein:

$$\begin{aligned}
 \text{für 1901: } n_0 - n &= 0.05667 \cdot 10^9 (b-a) \sin 2\alpha + 0.11334 \cdot 10^9 c \cos 2\alpha \\
 &\quad - 0.18035 \cdot 10^9 G_x \sin \alpha + 0.18035 \cdot 10^9 G_y \cos \alpha \\
 \text{für 1903: } n_0 - n &= 0.05677 \cdot 10^9 (b-a) \sin 2\alpha + 0.11354 \cdot 10^9 c \cos 2\alpha \\
 &\quad - 0.18067 \cdot 10^9 G_x \sin \alpha + 0.18067 \cdot 10^9 G_y \cos \alpha
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{für 1901: } n_0 - n &= 0.05667 \cdot 10^9 (b-a) \sin 2\alpha + 0.11334 \cdot 10^9 c \cos 2\alpha \\ &\quad - 0.18035 \cdot 10^9 G_x \sin \alpha + 0.18035 \cdot 10^9 G_y \cos \alpha \end{aligned}} \right\} 19.$$

Indem wir den Azimuten α durch Einstellung des Apparates andere und andere Werte erteilen, können wir eine beliebige Anzahl der zur Bestimmung der Unbekannten dienenden Gleichungen aufstellen. Da der Wert des α an dem dazu dienenden horizontalen Kreis, n aber durch Spiegelablesung gewonnen werden kann, befinden sich in einer jeden solchen Gleichung 5 Unbekannte, nämlich $(b-a)$, c , G_x , G_y und n_0 . Folglich brauchen wir zur Berechnung der Unbekannten fünf solcher Gleichungen, deren jede einem anderen Werte des α entspricht.

In unseren Beobachtungen haben wir zu diesem Zwecke die Azimute $\alpha_1 = 0^\circ$, $\alpha_2 = 72^\circ$, $\alpha_3 = 144^\circ$, $\alpha_4 = 216^\circ$ und $\alpha_5 = 288^\circ$ benützt und die ihnen entsprechenden Stellungen des Apparates mit I, II, III, IV und V, die an der Skale abgelesenen Gleichgewichtslagen mit n_1 , n_2 , n_3 , n_4 und n_5 bezeichnet. Aus den diesen Azimuten entsprechenden fünf Gleichungen den Wert n_0 eliminiert, ergibt sich

für das Jahr 1901:

$$\begin{aligned}
 10^9 G_x &= -2.1098 (n_5 - n_2) - 1.3040 (n_4 - n_3) \\
 10^9 G_y &= +1.7947 (n_4 + n_3 - 2n_1) - 0.6855 (n_5 + n_2 - 2n_1) \\
 10^9 (b-a) &= +4.1485 (n_5 - n_2) - 6.7125 (n_4 - n_3) \\
 10^9 c &= -1.0905 (n_4 + n_3 - 2n_1) + 2.8549 (n_5 + n_2 - 2n_1)
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} 10^9 G_x &= -2.1098 (n_5 - n_2) - 1.3040 (n_4 - n_3) \\ 10^9 G_y &= +1.7947 (n_4 + n_3 - 2n_1) - 0.6855 (n_5 + n_2 - 2n_1) \\ 10^9 (b-a) &= +4.1485 (n_5 - n_2) - 6.7125 (n_4 - n_3) \\ 10^9 c &= -1.0905 (n_4 + n_3 - 2n_1) + 2.8549 (n_5 + n_2 - 2n_1) \end{aligned}} \right\} 20$$

für das Jahr 1903:

$$\begin{aligned}
 10^9 G_x &= -2.1061 (n_5 - n_2) - 1.3017 (n_4 - n_3) \\
 10^9 G_y &= +1.7916 (n_4 + n_3 - 2n_1) - 0.6843 (n_5 + n_2 - 2n_1) \\
 10^9 (b-a) &= +4.1413 (n_5 - n_2) - 6.7008 (n_4 - n_3) \\
 10^9 c &= -1.0886 (n_4 + n_3 - 2n_1) + 2.8499 (n_5 + n_2 - 2n_1)
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} 10^9 G_x &= -2.1061 (n_5 - n_2) - 1.3017 (n_4 - n_3) \\ 10^9 G_y &= +1.7916 (n_4 + n_3 - 2n_1) - 0.6843 (n_5 + n_2 - 2n_1) \\ 10^9 (b-a) &= +4.1413 (n_5 - n_2) - 6.7008 (n_4 - n_3) \\ 10^9 c &= -1.0886 (n_4 + n_3 - 2n_1) + 2.8499 (n_5 + n_2 - 2n_1) \end{aligned}} \right\} 21.$$

In meinen in der Einleitung aufgezählten Abhandlungen, die die Aufgabe auf Grundlage der Potentialtheorie behandeln, sind die an der linken Seite dieser Gleichungen stehenden Grössen in einer dieser Theorie entsprechenden Form ausgedrückt. Und zwar

$$\begin{aligned}
 G_x &= \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \\
 G_y &= \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \\
 b-a &= \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \\
 c &= \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}
 \end{aligned}$$

In den die Resultate der Beobachtungen zusammenfassenden Tabellen werden wir der Einheitlichkeit zuliebe auch diese Bezeichnung beifügen.

Die Gleichungen 20., respektive 21. bestimmen den Gang der auf einer jeden Station zu vollführenden Beobachtungen.

Nachdem der Apparat vertikal aufgestellt ist, wird das Gehäuse in die dem Azimut $\alpha = 0$ entsprechende Lage I gebracht. Es ist am zweckmässigsten als solche den magnetischen Meridian zu wählen und zwar so, dass das herabhängende Gewicht gegen Norden gerichtet sei. Die Einstellung in diese Richtung lässt sich bei jedem Wetter leicht bewerkstelligen. Jetzt ist mit dem Fernrohr die Gleichgewichtslage des Balkens, n_1 zu beobachten. Da Schwingungsbeobachtungen ein längeres Verweilen des Beobachters erfordern, was mit Störungen verbunden ist, so geschieht diese Beobachtung mit besserem Erfolg durch die rasche Ablesung der Gleichgewichtslage des ganz zur Ruhe gelangten Balkens. Deshalb ist es nötig den Apparat nach seiner Einstellung während anderthalb bis zwei Stunden ungestört sich selbst zu überlassen.

Nach der ersten Ablesung wird der Apparat nacheinander in die Lagen II, III, IV, V, und dann wieder in I gebracht, und, wenn es die Zeit erlaubt, wieder in die nachfolgenden Lagen, indem gleichzeitig die Gleichgewichtslagen n_2 , n_3 , n_4 , n_5 u. s. w. abgelesen werden. Die Zurückführung des Apparates in eine schon früher eingenommene Lage ist nicht nur wünschenswert, sondern auch notwendig, darum, dass der wohl sehr geringe, doch kaum ganz zu vermeidende Gang des Drahtes in Rechnung gezogen werden könne.

Die Beobachtungen haben wir nachts angestellt, wo die Strahlung der Sonne und ihre einseitige wärmende Wirkung unsere überempfindlichen Apparate nicht stören konnte.

II. BEOBACHTUNGEN AUF DER EISDECKE DES BALATON- SEES IN DEN JAHREN 1901 UND 1903.

1. Verlauf der Beobachtungen.

Im Monat Jänner des Jahres 1901 deckte eine durchschnittlich 40 cm dicke Eisrinde den Balatonsee. Es bot sich mir dadurch eine günstige Gelegenheit, meine bis dahin mehr nur im Laboratorium erprobten Methoden im Freien, auf der gleichmässig ebenen Oberfläche des Eises einer neuen Probe zu unterziehen. Der unermüdliche Erforscher des Balatonsees, mein Freund LUDWIG v. LÓCZY, an den ich mich um Rat und Hilfe wandte, unterzog sich bereitwilligst der Mühe, die notwendigen Vorkehrungen zu treffen. Zur Anstellung der Beobachtungen begleiteten mich mit Freuden Dr. E. v. CHOLNOKY, Dr. R. v. KÖVESLIGETHY und Baron B. HARKÁNYI. Ihnen sei auch an dieser Stelle mein herzlicher Dank ausgedrückt.

Am 25. Jänner 1901 waren wir schon in Siófok und betraten das Eis des grossen zugefrorenen Sees.

Unsere Ausrüstung bestand aus zwei Hütten und einem Schlitten, der mit den Apparaten und anderen Utensilien beladen war. Das Ganze wurde durch acht wackere Fischer auf dem Eise weiter befördert. Die eine Hütte bestand aus wasserdichter Leinwand und diente für den Apparat. Die andere wurde aus Holz zusammengestellt und als Wohnung eingerichtet, die ein grösserer Petroleumofen angenehm erwärmte. Die Hütten beförderten wir auf Schlittenkufen von einer Station zur andern und befestigten sie, dort angekommen, zum Schutze gegen Stürme und Schneetreiben an Balken, die quer durch in das Eis gehauene Löcher versenkt wurden.

Die erste Beobachtung geschah in der Nacht vom 26-ten auf den 27-ten Jänner. Die Beobachtungen wurden dann auf täglich wechselnden Stationen bis zum 11. Feber ohne Unterbrechung fortgesetzt. Das plötzlich eingetretene Tauwetter zwang uns dann zur Heimkehr, doch schon am 16. Feber machte es uns ein neuer Frost möglich auf den Schauplatz unserer Beobachtungen zurückzukehren und diese bis zum 3. März fortzusetzen, als wir uns wegen des durch einen warmen Südwind hervorgerufenen plötzlichen Schmelzens rasch und endgültig zurückziehen mussten.

Der milde Winter von 1902 gab keine Gelegenheit zur Fortsetzung der Beobachtungen.

Gegen Ende Jänner 1903 aber deckte wieder eine stärkere, doch im Verhältnis zu der vom Jahre 1901 schwache Eisrinde den Balaton. Diesmal erboten sich die Herren Dr. D. PEKÁR und Dr. L. STEINER zur Anstellung der Beobachtungen an, die noch durch magnetische Beobachtungen ergänzt wurden. Die letzteren wollen wir hier nicht weiter behandeln.

Unsere Ausrüstung war im Vergleich zu der von 1901 durch einen besonderen, zur Aufbewahrung der Apparate dienenden Wagen vermehrt worden, den wir auch auf Schlittenkufen stellten.

Bei Boglár betraten wir das Eis. Unsere Absicht war, in der Richtung nach Révfülöp den Balaton zu überqueren. Dieser unser Versuch wurde aber durch die infolge des Abreissens des Messdrahtes entstandene Verzögerung, sowie durch die inzwischen eingetretene mildere Witterung und die Unzuverlässigkeit des Eises vereitelt. Statt dessen schritten wir mit unseren Beobachtungen nahe zum Ufer

von Boglár bis Fonyód, und weiter in der Richtung nach Balatonberény fort. Neuerdings war es der Südwind, der unseren Arbeiten auf dem Eise schon am 14. Feber ein Ende machte, dessen Zustand diesmal drohend zum Rückzug riet. Der Südwind riss nämlich mit seinem Druck längs eines sich in der Nähe des Ufers von Berény nahezu bis Boglár ziehenden Risses das Eis auf, und schob die ungeheure, viele Kilometer lange Eistafel nach dem nördlichen, bereits eisfreien Ufer. Wir hatten unsere Station glücklicherweise zwischen diesem Riss und dem Ufer aufgestellt. Aber gross war unser Schreck, als wir unseren Gefährten, Dr. STEINER, den seine magnetischen Beobachtungen auf der fortschwimmenden Eistafel zurückgehalten hatten, mit den ihn unterstützenden Leuten am Rande des Wassers vergeblich das Festland suchen sahen. Es wurde schon Abend, als wir ihn und seine Leute auf einem zerbrechlichen Seelentränker, den wir im Röhricht verborgen fanden, nach mehreren vergeblichen Versuchen von der sich immer weiter entfernenden Eistafel auf sicheres Land setzen konnten. Tags darauf machten wir noch auf dem Ufer eine Beobachtung; dann mussten wir nach Hause kehren.

Der Verlauf unserer Beobachtungen war im allgemeinen der folgende: Am Morgen packten wir unsere Apparate zusammen, und begaben uns auf die schon bezeichnete nächste Station in einer Entfernung von ein-zwei Kilometer. Die Feststellung der Stationen geschah einerseits mit Hilfe der Messkette durch Abmessen der Entfernungen vom Ufer, andererseits, durch Bestimmung der Richtungswinkel von Punkten (Kirchtürme, Triangulationspunkte u. s. w.), die in der 1:75,000 Landkarte gut definiert waren. Diesen Daten entsprechend zeichneten wir die Stationen in die Karte ein, und bestimmten aus ihr deren geographische Länge und Breite.

An der neuen Station angelangt, kam nach Befestigung der Hütten die Reihe an die lotrechte Aufstellung des Apparates und dessen Einstellung in den magnetischen Meridian. Die Beobachtungen selbst hingegen begannen wir erst nach Sonnenuntergang und setzten sie die Nacht hindurch bis Sonnenaufgang fort. Bei Gelegenheit unseres Aufenthaltes von 1903 waren wir tagsüber mit magnetischen Beobachtungen beschäftigt.

Eingehender müssen wir hier noch einer zur Beobachtung gehörenden Aufgabe erwähnen, deren Erfüllung am Eise nur ausnahmsweise notwendig war, die aber mit Rücksicht auf die zu erzielenden Resultate von sehr grosser Bedeutung ist.

Die auf je einer Station ausgeführten Messungen ergeben dort solche Lokalwerte der die Variationen der Schwere bestimmenden Daten, die sich, streng genommen, nur auf den Schwerpunkt des Gehänges beziehen.

Solche lokale Werte können im allgemeinen unser Interesse noch nicht befriedigen, denn sie sind durch die Massen der unmittelbaren Umgebung beeinflusst. Diese Einflüsse sind im Inneren von Gebäuden, noch mehr in Bergwerken sehr gross, sie können aber auch in solchen Gebieten nicht ausser Acht gelassen werden, die im gewöhnlichen Sprachgebrauche als eben bezeichnet werden. Bei einzelnen unserer Beobachtungen, die wir am Ufer oder in dessen Nähe anstellten, müssten wir auch auf dem Balatonsee diese Wirkungen in Betracht ziehen. Wir müssen daher die Verteilung der Massen der nächsten Umgebung ermitteln, um die gewonnenen rohen Daten durch Rechnung von Einflüssen freimachen zu können, die von solchen Zufälligkeiten abhängen. Wir müssen die Art und Weise, wie solche Zufälligkeiten zu vermeiden sind, genauer feststellen. Wenn wir die Schwereverhältnisse oder die Niveaufläche auf der Erde oder auf einem Teile

derselben bestimmen und beschreiben wollen, so müssen wir diese Beschreibung mit den Kenntnissen in Beziehung bringen, die die topographische Gestaltung der Erdoberfläche liefert. Wir müssen also die Wirkung der unmittelbaren Umgebung insofern in Betracht ziehen, als diese auf unseren Karten nicht dargestellt werden kann. Wir nennen diese Wirkung kurz die Terrainwirkung, und die davon freien Werte topographische Werte. Also:

Topographischer Wert = voller Wert — Terrainwirkung.

Die Bestimmung der Terrainwirkung geschah gewöhnlich auf Grund einer sich vom Apparate auf 100 m erstreckenden Nivellierung, was auf der ebenen Eisoberfläche im allgemeinen nicht nötig war.

2. Die unmittelbaren Ergebnisse der Beobachtungen.

Wir haben die Ergebnisse der Beobachtungen und die aus ihnen auf den magnetischen Meridian bezogenen topographischen Werte in Tabellen zusammengestellt. In diesen Tabellen sind die Stationen durch fortlaufende Zahlen bezeichnet, die der Reihenfolge der Beobachtungen entsprechen, und ihr Ort durch geographische Länge und Breite gegeben, ihre Lage ist auch in der weiter unten folgenden Kartenskizze ersichtlich.

In der ersten Kolumne unserer Tabellen befinden sich die Zeitangaben unserer nächtlichen Beobachtungen, in der zweiten die Daten des Thermometers. Die römischen Zahlen der dritten Kolumne bezeichnen die Stellung des Apparates, so dass das herabhängende Gewicht in der Stellung I nach dem magnetischen Norden zeigt, in der Stellung II davon um 72° nach Osten abweicht u. s. w. In der vierten Kolumne finden sich die Werte n der abgelesenen Gleichgewichtslagen. Dann folgen die ausgeglichenen Werte der Ablesungen.

Wir haben nämlich erwähnt, dass der Draht auch nach langem Gebrauch infolge der elastischen Nachwirkung einen gewissen eigenen Gang behält, der auch durch die Veränderungen der Temperatur beeinflusst wird. Von diesem eigenen Gang des Drahtes suchten wir unsere Beobachtungen auf die Art zu befreien, dass wir in eine schon früher eingenommene Stellung zurückkehrend, die inzwischen eingetretene Änderung der Ablesung auf die während der Zeit bis zu dieser Rückkehr gemachten Beobachtungen gleichmässig verteilten und von diesen subtrahierten. So gewinnen wir eine Reihe korrigierter Werte, während wir aus der Stellung I in die Stellung I zurückkehren; eine zweite Reihe, wenn wir aus der Stellung II in die Stellung II zurückkehren, und wenn es unsere Zeit erlaubt, noch eine dritte Reihe, indem wir aus der Stellung III in dieselbe zurückkehren.

Diese Reihen von Werten finden sich in den Kolumnen der ausgeglichenen Ablesungen.

Nach diesen stehen in unseren Tabellen die aus diesen Wertreihen die für das Jahr 1901 aus der Formel 20., die für das Jahr 1903 aber aus der Formel 21. berechneten Werte, und unter dem Strich deren Mittelwerte.

Die Werte der Terrainwirkung, soweit deren Bestimmung notwendig war, folgen nach diesen. Als Endresultat stehen in unseren Tabellen die topographischen Werte in fettem Druck.

Station 1.

$$\varphi = 46^\circ 55'43' \quad \lambda = 35^\circ 42'55' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 26—27. Jänner.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, z	Ausgeglichene Ablesungen				$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
7h 7m	+ 0.7	I	180.8	180.8				+ 5.3	— 13.8	+ 1.8	+ 1.8
8h 58m	+ 0.5	II	180.6	180.3	180.6			+ 5.8	— 13.1	+ 1.5	+ 2.4
10h 38m	+ 0.6	III	177.8	177.1	177.4	177.8		+ 5.9	— 14.0	+ 0.4	+ 2.6
12h 25m	+ 0.3	IV	176.8	175.8	176.0	176.5		+ 5.7	— 13.6	+ 1.2	+ 2.3
2h 7m	+ 1.0	V	180.0	178.6	178.7	179.3					
3h 46m	— 0.4	I	182.5	180.8	180.8	181.5					
5h 33m	— 1.2	II	182.7		180.6	181.3					
7h 18m	— 1.2	III	179.5			177.8					
Topographischer Wert:								+ 5.7	— 13.6	+ 1.2	+ 2.3

Beobachter: CHOLNOKY, EÖTVÖS.

Station 2.

$$\varphi = 46^\circ 55'71' \quad \lambda = 35^\circ 43'23' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 28—29. Jänner.

7h 55m	— 0.1	I	202.0	202.0				+ 16.1	— 1.1	— 3.8	— 6.1
9h 22m	— 0.7	II	203.1	203.4	203.1			+ 14.3	— 2.5	— 2.2	— 8.0
10h 50m	— 1.4	III	202.0	202.6	202.5	202.0		+ 13.4	+ 0.5	+ 2.3	— 9.8
12h 25m	— 0.6	IV	198.8	199.7	199.8	199.0		+ 14.6	— 1.0	— 1.2	— 8.0
1h 51m	— 1.2	V	196.6	197.8	198.2	197.0					
3h 20m	— 2.2	I	200.5	202.0	202.6	201.1					
4h 52m	— 1.0	II	200.5		203.1	201.3					
6h 22m	— 1.8	III	201.0			202.0					
Topographischer Wert:								+ 14.6	— 1.0	— 1.2	— 8.0

Beobachter: CHOLNOKY, EÖTVÖS.

Station 3.

$$\varphi = 46^\circ 56'58' \quad \lambda = 35^\circ 41'17' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 29—30. Jänner.

8h 25m	0	II	204.1	204.1				+ 37.6	+ 14.6	— 26.0	+ 18.9
9h 55m	0	III	200.0	200.0	200.0			+ 37.0	+ 16.4	— 23.0	+ 17.8
11h 36m	+ 0.1	IV	195.0	195.1	194.9	195.0		+ 39.9	+ 16.3	— 17.5	+ 18.4
1h 12m	+ 0.1	V	189.8	189.9	189.5	190.0		+ 38.2	+ 15.8	— 22.2	+ 18.4
2h 43m	+ 0.2	I	191.1	191.3	190.7	191.4					
4h 15m	— 2.0	II	203.9	204.1	203.3	204.4					
5h 46m	— 1.1	III	200.7		200.0	201.3					
7h 37m	— 2.2	IV	194.2			195.0					
Topographischer Wert:								+ 38.2	+ 15.8	— 22.2	+ 18.4

Beobachter: CHOLNOKY, KÖVESLIGETHY.

Station 4.

$$\varphi = 46^\circ 58'35'' \quad \lambda = 35^\circ 39'59'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 30—31. Jänner.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, z	Ausgegliche Ablesungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right)$	$10^9 \epsilon$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
7h 15m	— 1·8	I	242·1	242·1			+ 19·1	+ 7·8	+ 0·7	— 17·2
9h 0m	— 0·2	II	242·5	242·7	242·5		+ 20·1	+ 8·5	— 0·3	— 15·7
10h 45m	0	III	244·9	245·3	244·9		+ 19·6	+ 8·2	+ 0·2	— 16·5
12h 30m	0	IV	240·8	241·3	240·8					
2h 15m	— 0·5	V	235·7	236·4	235·8					
4h 0m	— 2·6	I	241·2	242·1	241·3					
5h 45m	— 7·2	II	242·4		242·5					
Topographischer Wert :							+ 19·6	+ 8·2	+ 0·2	— 16·5

Beobachter : EÖTVÖS, KÖVESLIGETHY.

Station 5.

$$\varphi = 46^\circ 57'71'' \quad \lambda = 35^\circ 39'91'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 31. Jänner — 1. Feber.

11h 20m	— 4·8	II	187·8	187·8			— 11·0	+ 8·1	— 7·1	— 6·1
1h 0m	— 3·2	III	190·1	190·3	190·1		— 10·9	+ 7·5	— 8·2	— 5·5
2h 30m	— 3·0	IV	193·0	193·4	193·3		— 11·0	+ 7·8	— 7·7	— 5·8
4h 2m	— 1·8	V	190·5	191·1	191·1					
5h 33m	— 2·8	I	188·9	189·7	189·7					
6h 3m	— 2·2	II	186·8	187·8	187·9					
8h 31m	— 1·1	III	188·7		190·1					
Topographischer Wert :							— 11·0	+ 7·8	— 7·7	— 5·8

Beobachter : CHOLNOKY, EÖTVÖS.

Station 6.

$$\varphi = 46^\circ 57'06'' \quad \lambda = 35^\circ 40'38'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 1—2. Feber.

7h 25m	— 3·0	II	220·5	220·5			+ 15·8	+ 7·6	— 13·4	+ 5·9
9h 0m	— 3·5	III	219·0	219·1	219·0		+ 15·7	+ 8·1	— 12·3	+ 5·8
10h 45m	— 3·4	IV	217·0	217·2	217·0		+ 15·8	+ 7·9	— 12·9	+ 5·9
12h 30m	— 3·5	V	213·9	214·2	214·0					
2h 15m	— 3·1	I	214·8	215·2	214·9					
4h 0m	— 3·2	II	220·0	220·5	220·2					
5h 45m	— 2·8	III	218·8		219·0					
Topographischer Wert :							+ 15·8	+ 7·9	— 12·9	+ 5·9

Beobachter : CHOLNOKY, HARKÁNYI.

Station 7.

$$\varphi = 46^\circ 55' 93'' \quad \lambda = 35^\circ 41' 60'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 2—3. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableseung, z	Ausgeglicheue Ableseungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a) \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
8h 45m	+ 0.2	II	222.8	222.8			+ 10.1	+ 0.9	- 9.6	+ 2.2
10h 30m	- 1.8	III	221.1	221.2	221.1		+ 10.1	+ 1.0	- 9.6	+ 1.6
1h 40m	- 1.2	IV	220.0	220.1	220.0		+ 10.1	+ 1.0	- 9.6	+ 1.9
3h 10m	- 2.8	V	218.5	218.7	218.5					
4h 40m	- 0.7	I	220.0	220.2	220.1					
6h 10m	0	II	222.5	222.8	222.6					
7h 40m	0	III	121.0		221.1					
Topographischer Wert:							+ 10.1	+ 1.0	- 9.6	+ 1.9

Beobachter: EÖTVÖS, HARKÁNYI.

Station 8.

$$\varphi = 46^\circ 55' 85'' \quad \lambda = 35^\circ 40' 78'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 3—4. Feber.

8h 40m	- 1.0	II	225.1	225.1			+ 11.0	- 0.8	- 27.3	- 0.5
10h 20m	0	III	222.0	221.9	222.0		+ 11.3	- 0.9	- 27.7	- 0.2
12h 0m	- 2.0	IV	222.7	222.5	222.6		+ 11.2	- 0.9	- 27.5	- 0.4
2h 0m	- 4.8	V	219.7	219.5	219.6					
4h 5m	- 3.8	I	222.8	222.5	222.6					
5h 40m	- 3.0	II	225.5	225.1	225.3					
7h 40m	- 3.9	III	222.3		222.0					
Topographischer Wert:							+ 11.2	- 0.9	- 27.5	- 0.4

Beobachter: CHOLNOKY, EÖTVÖS.

Station 9.

$$\varphi = 46^\circ 55' 13'' \quad \lambda = 35^\circ 33' 54'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 4—5. Feber.

7h 30m	- 1.0	I	201.1	201.1			+ 11.1	+ 23.7	+ 129.3	+ 57.8
9h 10m	- 2.7	II	213.3	213.5	213.3		+ 11.8	+ 24.2	+ 128.1	+ 58.2
10h 50m	- 4.5	III	221.0	221.5	221.2	221.0	+ 12.3	+ 22.5	+ 126.2	+ 59.5
12h 30m	- 1.8	IV	204.5	205.2	204.9	204.8	+ 11.7	+ 23.5	+ 127.9	+ 58.5
2h 10m	- 4.0	V	217.3	218.3	217.8	218.0				
4h 10m	- 3.2	I	199.9	201.1	200.6	200.9				
5h 50m	- 2.0	II	212.4		213.3	213.8				
7h 30m	- 2.0	III	219.3			221.0				
Topographischer Wert:							+ 11.7	+ 23.5	+ 127.9	+ 58.5

Beobachter: CHOLNOKY.

Station 10.

 $\varphi = 46^\circ 55'13''$ $\lambda = 35^\circ 33'62''$ von Ferro

1901 nachts 5—6. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableseung, u	Ausgeglicheue Ableseungen				$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
6h 20m	+ 1.3	I	233.2	233.2				+ 5.2	— 4.7	+ 68.7	+ 18.0
8h 0m	+ 1.5	II	234.8	234.9	234.8			+ 5.2	— 5.1	+ 69.4	+ 18.7
9h 40m	+ 2.0	III	237.5	237.6	237.5	237.5		+ 5.5	— 5.2	+ 68.9	+ 19.0
11h 20m	+ 1.2	IV	228.9	229.1	228.9	228.9		+ 5.3	— 5.0	+ 69.0	+ 18.6
1h 0m	+ 0.9	V	237.5	237.7	237.6	237.6					
2h 40m	+ 1.1	I	232.9	233.2	233.0	233.0					
4h 20m	+ 0.8	II	234.7		234.8	234.9					
6h 0m	+ 0.2	III	237.3			237.5					
Topographischer Wert:								+ 5.3	— 5.0	+ 69.0	+ 18.6

Beobachter: CHOLNOKY.

Station 11.

 $\varphi = 46^\circ 55'12''$ $\lambda = 35^\circ 34'17''$ von Ferro

1901 nachts 6—7. Feber.

7h 20m	+ 0.2	I	220.5	220.5				+ 1.3	+ 5.4	+ 17.0	— 19.1
9h 0m	+ 1.0	II	217.0	216.9	217.0			+ 2.5	+ 6.9	+ 15.6	— 18.1
10h 40m	+ 0.2	III	222.1	222.0	221.9	222.1		+ 2.7	+ 6.6	+ 15.2	— 18.6
12h 30m	— 1.0	IV	220.1	219.9	219.7	219.9		+ 2.2	+ 6.3	+ 15.9	— 18.6
2h 5m	— 2.0	V	217.8	217.6	217.2	217.4					
3h 40m	— 2.8	I	220.8	220.5	220.0	220.3					
5h 20m	— 2.3	II	218.0		217.0	217.3					
7h 0m	— 4.0	III	223.0			222.1					
Topographischer Wert:								+ 2.2	+ 6.3	+ 15.9	— 18.6

Beobachter: EÖTVÖS, HARKÁNYI.

Station 12.

 $\varphi = 46^\circ 55'23''$ $\lambda = 35^\circ 35'54''$ von Ferro

1901 nachts 7—8. Feber.

7h 20m	+ 1.0	III	192.1	192.1				+ 7.3	— 7.3	+ 15.3	+ 3.7
9h 0m	+ 1.2	IV	188.9	188.9	188.9			+ 6.9	— 7.6	+ 14.3	+ 3.7
10h 40m	+ 1.2	V	191.7	191.8	191.7	191.7		+ 6.9	— 7.6	+ 14.3	+ 3.7
12h 20m	+ 0.4	I	192.6	192.7	192.6	192.6		+ 6.9	— 7.6	+ 14.3	+ 3.7
1h 50m	+ 0.2	II	193.1	193.3	193.1	193.1		+ 7.0	— 7.5	+ 14.6	+ 3.7
3h 20m	+ 1.1	III	191.9	192.1	191.9	191.9					
4h 50m	+ 0.9	IV	188.9		188.9	188.9					
6h 20m	+ 0.8	V	191.7			191.7					
7h 50m	+ 0.4	I	192.6								
Topographischer Wert:								+ 7.0	— 7.5	+ 14.6	+ 3.7

Beobachter: EÖTVÖS, HARKÁNYI.

Station 13.

 $\varphi = 46^\circ 55'50''$ $\lambda = 35^\circ 38'08''$ von Ferro

1901 nachts 8—9. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, z	Ausgeglichene Ablesungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
6h 0m	+ 1.2	I	207.7	207.7			+ 22.7	— 30.7	+ 7.3	— 1.1
7h 40m	+ 0.8	II	207.1	207.3	207.1		+ 21.9	— 31.3	+ 7.9	— 2.0
9h 20m	+ 1.0	III	200.0	200.4	200.3		+ 22.3	— 31.0	+ 7.6	— 1.6
11h 0m	+ 1.0	IV	194.2	194.8	194.8					
12h 40m	+ 1.0	V	199.2	200.0	200.1					
2h 20m	+ 0.4	I	206.7	207.7	207.9					
4h 0m	+ 0.6	II	205.6		207.1					
Topographischer Wert:							+ 22.3	— 31.0	+ 7.6	— 1.6

Beobachter: CHOLNOKY, EÖTVÖS.

Station 14.

 $\varphi = 46^\circ 54'84''$ $\lambda = 35^\circ 43'41''$ von Ferro

1901 nachts 10—11. Feber.

6h 0m	+ 1.1	I	197.4	197.4			+ 8.8	— 10.9	+ 42.1	+ 13.4
7h 45m	+ 1.1	II	198.9	198.9	198.9		+ 10.1	— 10.1	+ 41.4	+ 15.1
9h 35m	+ 0.4	III	198.1	198.1	197.9					
11h 0m	0	IV	191.7	191.7	191.3	191.7	+ 10.6	— 10.9	+ 39.5	+ 15.4
12h 50m	— 1.0	V	198.7	198.7	198.2	198.6	+ 9.8	— 10.6	+ 41.0	+ 14.6
2h 30m	— 1.8	I	197.4	197.4	196.7	197.3				
4h 10m	— 2.0	II	199.8		198.9	199.6				
		III				198.2				
5h 40m	— 4.2	IV	192.0			191.7				
Terrainwirkung:							+ 4.5	— 0.7	+ 4.5	+ 0.7
Topographischer Wert:							+ 5.3	— 9.9	+ 36.5	+ 13.9

Station am Ufer.

Beobachter: EÖTVÖS.

Station 15.

 $\varphi = 46^\circ 55'73''$ $\lambda = 35^\circ 39'94''$ von Ferro

1901 nachts 16—17. Feber.

8h 30m	— 13.0	I	196.8	196.8			+ 26.4	— 8.4	— 24.9	— 5.4
10h 10m	— 13.0	II	199.9	200.0						
11h 50m	— 14.8	III	194.9	195.1						
1h 30m	— 16.0	IV	192.0	192.2						
3h 10m	— 17.0	V	188.9	189.3						
4h 50m	— 16.2	I	196.4	196.8						
Topographischer Wert:							+ 26.4	— 8.4	— 24.9	— 5.4

Beobachter: EÖTVÖS.

Station 16.

$$\varphi = 46^\circ 55'62'' \quad \lambda = 35^\circ 39'03'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 17—18. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableseung, n	Ausgeglicheue Ableseungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
9h 0m	— 6·9	II	194·0	194·0			+ 19·8	— 2·8	+ 31·5	— 1·0
10h 40m	— 8·6	III	194·8	195·0	194·8		+ 20·0	— 3·5	+ 31·1	— 0·8
12h 20m	— 11·5	IV	187·0	187·4	187·2		+ 19·9	— 3·2	+ 31·3	— 0·9
2h 0m	— 12·0	V	188·8	189·3	189·2					
3h 40m	— 12·0	I	191·5	192·2	192·2					
5h 20m	— 9·8	II	193·1	194·0	194·0					
7h 0m	— 9·9	III	193·7		194·8					
Topographischer Wert:							+ 19·9	— 3·2	+ 31·3	— 0·9

Beobachter: CHOLNOKY.

Station 17.

$$\varphi = 46^\circ 55'34'' \quad \lambda = 35^\circ 36'88'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 18—19. Feber.

10h 30m	— 9·0	II	190·0	190·0			+ 22·8	+ 0·1	+ 6·2	— 5·0
12h 0m	— 9·5	III	189·5	189·7						
1h 30m	— 9·2	IV	183·8	184·2						
3h 5m	— 10·0	V	182·0	182·6						
4h 40m	— 10·8	I	186·5	187·3						
6h 10m	— 9·0	II	189·0	190·0						
Topographischer Wert:							+ 22·8	+ 0·1	+ 6·2	— 5·0

Beobachter: EÖRVÖS.

Station 18.

$$\varphi = 46^\circ 54'76'' \quad \lambda = 35^\circ 38'75'' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 19—20. Feber.

7h 20m	— 6·0	II	190·8	190·8			+ 5·7	+ 7·5	+ 3·7	— 1·9
9h 0m	— 6·2	III	192·4	192·5	192·4		+ 5·4	+ 8·4	+ 5·2	— 2·4
10h 40m	— 6·5	IV	190·8	190·9	190·7	190·8	+ 6·3	+ 8·5	+ 7·1	— 3·0
12h 20m	— 6·8	V	188·9	189·1	188·8	188·9	+ 5·8	+ 8·1	+ 5·3	— 2·4
2h 0m	— 6·8	I	189·2	189·4	189·0	189·3				
3h 40m	— 6·8	II	190·5	190·8	190·3	190·6				
5h 20m	— 6·8	III	192·7		192·4	192·9				
7h 0m	— 7·2	IV	190·6			190·8				
Topographischer Wert:							+ 5·8	+ 8·1	+ 5·3	— 2·4

Beobachter: EÖRVÖS.

Station 19.

 $\varphi = 46^\circ 56'25''$ $\lambda = 35^\circ 37'59''$ von Ferro

1901 nachts 20—21. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableitung, n	Ausgeglichenere Ableitungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
7h 0m — 4.6	V	184.1	184.1				+ 21.3	+ 3.7	+ 4.5	— 1.3
8h 40m — 5.0	I	187.3	187.4							
10h 20m — 5.0	II	191.0	191.1							
12h 0m — 5.1	III	190.8	191.0							
1h 40m — 5.2	IV	185.8	186.0							
3h 20m — 6.0	V	183.8	184.1							
Topographischer Wert:							+ 21.3	+ 3.7	+ 4.5	— 1.3

Beobachter: Lóczy.

Station 20.

 $\varphi = 46^\circ 57'00''$ $\lambda = 35^\circ 37'08''$ von Ferro

1901 nachts 21—22. Feber.

7h 20m — 7.0	II	185.4	185.4				+ 3.3	+ 7.8	— 15.8	— 19.9
	III		187.9							
10h 40m — 6.8	IV	188.8	188.9	188.8			+ 4.2	+ 8.1	— 12.1	— 19.5
12h 20m — 6.5	V	183.1	183.2	183.3			+ 3.8	+ 8.0	— 14.0	— 19.7
2h 0m — 6.5	I	187.2	187.4	187.6						
4h 40m — 8.5	II	185.2	185.4	185.9						
6h 20m — 10.8	III	187.7		188.6						
7h 40m — 9.2	IV	187.7		188.8						
Topographischer Wert:							+ 3.8	+ 8.0	— 14.0	— 19.7

Beobachter: CHOLNOKY.

Station 21.

 $\varphi = 46^\circ 56'22''$ $\lambda = 35^\circ 42'69''$ von Ferro

1901 nachts 22—23. Feber.

8h 40m — 11.9	II	172.4	172.4				+ 12.6	+ 7.9	+ 10.6	— 0.9
10h 20m — 11.9	III	174.0	174.2	174.0			+ 12.6	+ 7.5	+ 10.6	— 0.7
12h 0m — 12.7	IV	170.0	170.4	170.2			+ 12.6	+ 7.7	+ 10.6	— 0.8
1h 40m — 12.8	V	168.3	168.8	168.7						
3h 20m — 13.0	I	169.1	169.8	169.7						
5h 0m — 13.6	II	171.5	172.4	172.3						
6h 40m — 13.4	III	173.0		174.0						
Topographischer Wert:							+ 12.6	+ 7.7	+ 10.6	— 0.8

Beobachter: CHOLNOKY.

Station 22.

 $\varphi = 46^\circ 57'11''$ $\lambda = 35^\circ 44'63''$ von Ferro

1901 nachts 24—25. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, u	Ausgegliche Ablesungen				$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
7 h 30 m	— 6.5	I	195.5	195.5				+ 35.0	+ 9.1	+ 19.4	+ 3.5
9 h 0 m	— 7.5	II	203.2	202.7	203.2			+ 34.3	+ 8.5	+ 18.9	+ 2.4
10 h 30 m	— 9.5	III	204.4	203.5	204.0	204.4		+ 34.8	+ 7.1	+ 17.0	+ 3.5
12 h 0 m	— 9.5	IV	195.4	194.0	194.7	195.2		+ 34.7	+ 8.2	+ 18.4	+ 3.1
1 h 35 m	— 10.8	V	193.8	192.0	192.7	193.4					
3 h 5 m	— 11.2	I	197.8	195.5	196.4	197.2					
5 h 20 m	— 11.0	II	205.0		203.2	204.2					
6 h 35 m	— 9.5	III	205.4			204.4					

Topographischer Wert : + 34.7 + 8.2 + 18.4 + 3.1

Beobachter : EÖRVÖS.

Station 23.

 $\varphi = 46^\circ 57'99''$ $\lambda = 35^\circ 45'70''$ von Ferro

1901 nachts 25—26. Feber.

9 h 0 m	— 5.6	II	199.5	199.5				+ 13.9	— 1.1	— 0.4	— 1.3
10 h 40 m	— 8.0	III	198.6	198.5	198.6			+ 13.7	— 0.8	0	— 1.2
12 h 20 m	— 6.2	IV	195.8	195.6	195.7			+ 13.8	— 1.0	— 0.2	— 1.3
2 h 0 m	— 6.1	V	195.0	194.7	194.8						
3 h 40 m	— 5.8	I	197.9	197.5	197.5						
5 h 20 m	— 6.8	II	200.0	199.5	199.5						
7 h 0 m	— 8.6	III	199.2		198.6						

Topographischer Wert : + 13.8 — 1.0 — 0.2 — 1.3

Beobachter : CHOLNOKY.

Station 24.

 $\varphi = 46^\circ 58'88''$ $\lambda = 35^\circ 46'76''$ von Ferro

1901 nachts 26—27. Feber.

9 h 0 m	— 5.2	II	209.2	209.2				+ 39.4	— 8.5	+ 7.8	— 8.0
10 h 40 m	— 7.0	III	206.5	206.6	206.5			+ 39.0	— 7.7	+ 8.7	— 9.0
12 h 20 m	— 8.5	IV	197.3	197.4	197.3			+ 39.2	— 8.1	+ 8.3	— 8.5
2 h 20 m	— 8.8	V	196.0	196.2	195.9						
3 h 40 m	— 9.5	I	205.2	205.4	205.1						
5 h 20 m	— 10.0	II	208.9	209.2	208.7						
6 h 54 m	— 10.0	III	206.7		206.5						

Topographischer Wert : + 39.2 — 8.1 + 8.3 — 8.5

Beobachter : CHOLNOKY.

Station 25.

 $\varphi = 46^\circ 59'52''$ $\lambda = 35^\circ 47'41''$ von Ferro

1901 nachts 27—28. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, z	Ausgeglichene Ablesungen				$10^8 G_x$	$10^8 G_y$	$10^8 (b-a)$	$10^8 c$
								$10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
7h 20m — 4·8	I	193·9	193·9					+ 39·1	— 32·5	— 21·1	+ 7·3
9h 0m — 7·8	II	198·8	198·8	198·8				+ 37·7	— 32·9	— 20·4	+ 5·6
10h 40m — 5·4	III	187·0	187·0	187·2	187·0			+ 36·8	— 30·1	— 14·8	+ 4·2
12h 20m — 6·5	IV	181·0	181·0	181·4	180·8			+ 37·9	— 31·8	— 18·8	+ 5·7
2h 0m — 7·5	V	184·0	184·0	184·5	183·7						
3h 40m — 8·0	I	193·9	193·9	194·6	193·4						
5h 20m — 9·1	II	197·9		198·8	197·3						
6h 50m — 9·2	III	187·8			187·0						
Topographischer Wert:								+ 37·9	— 31·8	— 18·8	+ 5·7

Beobachter: CHOLNOKY.

Station 26.

 $\varphi = 47^\circ 0'30''$ $\lambda = 35^\circ 48'30''$ von Ferro

1901 nachts 28. Feber—1. März.

9h 0m — 3·8	I	196·7	196·7					+ 35·7	— 26·9	+ 8·8	— 9·8
10h 30m — 4·4	II	201·1	201·1	201·1				+ 34·0	— 27·0	+ 9·3	— 7·8
12h 0m — 4·6	III	193·0	192·9	193·0				+ 34·9	— 27·0	+ 9·1	— 8·8
1h 30m — 4·8	IV	184·8	184·7	184·9							
3h 10m — 5·0	V	189·9	189·7	190·0							
4h 40m — 5·2	I	196·9	196·7	197·1							
6h 10m — 3·8	II	200·9		201·1							
Topographischer Wert:								+ 34·9	— 27·0	+ 9·1	— 8·8

Beobachter: EÖRVÖS.

Station 27.

 $\varphi = 47^\circ 0'79''$ $\lambda = 35^\circ 46'38''$ von Ferro

1901 nachts 1—2. März.

7h 20m + 1·0	I	202·4	202·4					— 39·6	— 1·4	+ 6·4	+ 9·2
9h 0m + 1·0	II	196·8	197·1	196·8				— 37·6	+ 0·1	+ 4·4	+ 11·6
10h 40m + 1·0	III	198·2	198·8	198·2				— 38·6	— 0·7	+ 5·4	+ 10·4
12h 20m + 1·5	IV	205·7	206·5	205·7							
2h 0m + 1·0	V	210·0	211·1	210·0							
3h 40m + 0·2	I	201·0	202·4	201·0							
5h 20m + 2·0	II	196·8		196·8							
7h 0m + 1·0	V	209·9									
Topographischer Wert:								— 38·6	— 0·7	+ 5·4	+ 10·4

Beobachter: EÖRVÖS.

Station 28.

$$\varphi = 47^\circ 1'34' \quad \lambda = 35^\circ 44'51' \text{ von Ferro}$$

1901 nachts 2—3. März.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableseung, n	Ausgeglichenere Ableseungen				$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
7 h 20 m	+ 3.0	I	191.9	191.9				— 2.7	— 13.8	+ 16.4	+ 3.1
10 h 30 m	+ 2.0	II	189.8	189.8							
12 h 0 m	+ 2.0	III	188.2	188.2							
1 h 30 m	+ 1.5	IV	187.0	187.0							
4 h 30 m	+ 0.2	V	191.8	191.8							
6 h 0 m	+ 0.1	I	191.9	191.9							
Topographischer Wert:								— 2.7	— 13.8	+ 16.4	+ 3.1

Beobachter: Eötvös.

Station 29.

$$\varphi = 46^\circ 47'24' \quad \lambda = 35^\circ 19'08' \text{ von Ferro}$$

am 28-ten Jänner 1903 ist der Messdraht gerissen,

am 29-ten Jänner neuer Messdraht eingehängt,

am 29-ten und 30-ten der Gang des Drahtes beobachtet,

am 30—31. Jänner nachts die Beobachtungen begonnen, wegen des starken Ganges nur in Stellungen I, II, V.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableseung, n	Ausgeglichenere Ableseungen				$n_5 - n_2$	$n_5 + n_2 - 2n_1$
10 h 30 m	— 4.8	II	204.6	204.6				— 5.7	— 10.1
12 h 0 m	— 4.5	V	197.4	198.9	197.4			— 4.2	— 10.2
1 h 30 m	— 7.0	I	203.8	206.8	204.6	203.8		— 3.7	— 8.7
3 h 0 m	— 6.4	II	200.0	204.6	201.6	201.3	200.0	— 4.5	— 6.7
4 h 30 m	— 5.4	V	195.0		197.4	197.6	195.5	— 4.5	— 8.9
6 h 0 m	— 5.2	I	200.0			203.8	201.1		
7 h 30 m	— 5.0	II	198.4				200.0		

Beobachter: Eötvös.

In der Nacht vom 31-ten Jänner auf den 1-ten Feber wurde in den Stellungen
I, III, IV beobachtet.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableitung, n	Ausgegliche Ablesungen						$n_3 - n_1$	$n_3 + n_1 - 2n_2$
7h 30m	— 6·3	III	186·7	186·7						— 0·8	— 1·6
9h 0m	— 6·4	IV	186·0	185·9	186·0					— 1·4	— 1·4
10h 30m	— 6·0	I	187·3	187·1	187·5	187·3				— 1·5	— 1·7
12h 0m	— 7·7	III	187·0	186·7	187·4	187·2	187·0			— 1·0	— 3·2
1h 30m	— 8·0	IV	185·3		186·0	185·7	186·0	185·3		— 0·7	— 3·1
3h 0m	— 7·8	I	186·7			187·3	188·1	187·2	186·7	— 0·9	— 3·9
4h 30m	— 7·7	III	185·0				187·0	186·0	185·2	— 1·1	— 2·5
6h 0m	— 7·0	IV	183·9					185·3	184·3		
7h 30m	— 6·8	I	186·1						186·7		

Beobachter: PEKÁR.

Topographische Werte den Mittelwerten entsprechend:

$$10^9 G_x = 10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = + 10·9 \quad 10^9 G_y = 10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} = + 1·6$$

Die Abweichung vom Mittel beträgt ca. ± 3 Einheiten.

Die Grössen $(b-a) = \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$ und $c = \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$ wurden wegen grösserer Fehler nicht berechnet.

Station 30.

$$\varphi = 46^\circ 48'22'' \quad \lambda = 35^\circ 18'49'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 1—2. Feber nur in den Stellungen I, II, V beobachtet.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableitung, n	Ausgegliche Ablesungen				$n_3 - n_1$	$n_3 + n_1 - 2n_2$
9h 0m	+ 2·8	II	208·0	208·0				— 11·9	— 3·3
12h 45m	+ 2·7	V	195·0	196·1	195·0			— 12·2	— 5·2
2h 23m	+ 1·4	I	203·0	204·7	203·7	203·0		— 12·2	— 5·4
4h 0m	+ 1·0	II	205·8	208·0	207·2	206·4		— 12·1	— 4·6
5h 45m	+ 0·1	V	193·0		195·0	194·2			
7h 50m	+ 1·2	I	201·2			203·0			

Beobachter: EÖTVÖS.

* Die Beobachtungen am 2—3. Feber 1903 wegen Sturm eingestellt.

Nachts 4—5. Feber nur in den Stellungen I, III, IV beobachtet.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, u	Ausgegliche Ablesungen		$u_4 - u_3$	$u_4 + u_3 - 2u_1$
8h 10m	+ 2.0	III	183.8	183.8		— 4.9	— 4.5
9h 50m	+ 3.0	IV	178.6	178.9			
11h 30m	+ 3.2	I	183.0	183.6			
		III		183.8			
2h 30m	+ 3.6	IV	177.6		177.6	— 5.4	— 5.2
4h 30m	+ 1.6	I	182.4		182.9	— 5.2	— 4.9
6h 10m	+ 1.5	III	182.0		183.0		
7h 50m	+ 4.2	IV	176.2		177.6		

Beobachter : STEINER.

Topographische Werte aus den Mitteln berechnet :

$$10^9 G_x = 10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = + 32.3 \quad 10^9 G_y = 10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} = - 5.6 \quad 10^9 (b-a) = 10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) = - 17.3$$

$$10^9 c = 10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = - 7.8$$

Station 31.

$$\varphi = 46^\circ 47'00'' \quad \lambda = 35^\circ 19'00'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 5—6. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, u	Ausgegliche Ablesungen				$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
6h 0m	+ 2.5	IV	173.9	173.9				+ 17.7	+ 0.5	— 10.7	— 13.4
7h 40m	+ 1.4	V	169.4	170.0	169.4			+ 17.6	— 0.4	— 9.7	— 13.2
9h 30m	+ 1.3	I	175.0	176.1	175.5	175.0		+ 16.7	+ 0.5	— 8.7	— 12.2
11h 20m	+ 1.3	II	175.1	176.8	176.1	175.7		+ 17.3	+ 0.2	— 9.7	— 12.9
1h 10m	+ 1.4	III	174.3	176.5	175.7	175.5					
2h 50m	+ 1.3	IV	171.1	173.9	173.0	172.9					
4h 30m	+ 1.8	V	167.0		169.4	169.4					
6h 10m	+ 2.0	I	172.0			175.0					

Topographischer Wert : + 17.3 + 0.2 — 9.7 — 12.9

Beobachter : STEINER.

Station 32.

$$\varphi = 46^\circ 47'29'' \quad \lambda = 35^\circ 19'54'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 6—7. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, z	Ausgegliche Ablesungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$
7 h 40m	+ 0.5	II	238.8	238.8			+ 8.8	+ 1.9	— 28.3	— 9.2
9 h 20m	— 1.2	III	237.1	237.3	237.1		+ 8.5	+ 2.8	— 26.8	— 9.8
11 h 0m	— 1.4	IV	238.0	238.5	238.2		+ 8.7	+ 2.4	— 27.6	— 9.5
12 h 40m	+ 0.4	V	233.2	233.9	233.5					
2 h 20m	+ 0.8	I	237.0	238.0	237.5					
4 h 0m	+ 0.6	II	237.6	238.8	238.2					
5 h 40m	+ 0.5	III	236.3		237.1					
Topographischer Wert:							+ 8.7	+ 2.4	— 27.6	— 9.5

Beobachter: Eötvös.

Station 33.

$$\varphi = 46^\circ 46'79'' \quad \lambda = 35^\circ 17'28'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 7—8. Feber.

6 h 0m	+ 2.0	I	232.6	232.6			+ 20.5	— 1.0	+ 6.8	— 4.3
7 h 40m	— 0.6	II	235.0	234.9	235.0		+ 20.1	— 1.4	+ 7.7	— 5.0
9 h 20m	— 1.7	III	234.7	234.5	234.7		+ 20.3	— 1.2	+ 7.3	— 4.7
11 h 0m	— 2.3	IV	229.6	229.4	229.6					
12 h 40m	— 3.0	V	228.6	228.3	228.6					
3 h 30m	— 0.8	I	233.0	232.6	233.0					
5 h 10m	— 0.8	II	235.0		235.0					
6 h 50m	— 0.9	V	228.0							
Topographischer Wert:							+ 20.3	— 1.2	+ 7.3	— 4.7

Beobachter: Eötvös.

Station 34.

$$\varphi = 46^\circ 46'11'' \quad \lambda = 35^\circ 16'10'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 8—9. Feber.

7 h 40m	— 1.3	II	232.8	232.8			+ 19.9	— 0.5	+ 3.5	— 3.1
9 h 20m	— 1.2	III	232.0	232.1	232.0		+ 19.9	— 0.6	+ 3.5	— 2.6
11 h 0m	— 1.3	IV	227.2	227.5	227.4		+ 19.9	— 0.6	+ 3.5	— 2.9
1 h 10m	— 1.3	V	225.8	226.2	226.2					
2 h 45m	+ 1.2	I	229.6	230.2	230.1					
4 h 20m	+ 1.0	II	232.1	232.8	232.8					
5 h 55m	+ 1.8	III	231.1		232.0					
Topographischer Wert:							+ 19.9	— 0.6	+ 3.5	— 2.9

Beobachter: Eötvös.

Station 35.

 $\varphi = 46^\circ 45' 64''$ $\lambda = 35^\circ 14' 62''$ von Ferro

1903 nachts 9—10. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ablesung, z	Ausgeglichene Ablesungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
6h 15m	+ 6.3	I	219.8	219.8			+ 12.5	— 1.9	— 7.8	+ 0.2
8h 0m	+ 3.0	II	221.9	222.0						
9h 40m	+ 5.0	III	219.9	220.1						
11h 20m	+ 4.0	IV	218.0	218.3						
1h 0m	+ 4.0	V	216.8	217.2						
2h 40m	+ 4.3	I	219.3	219.8						
Topographischer Wert:							+ 12.5	— 1.9	— 7.8	+ 0.2

Grosser Sturm. Beobachtung unmöglich.

Beobachter: STEINER.

Station 36.

 $\varphi = 46^\circ 45' 23''$ $\lambda = 35^\circ 13' 28''$ von Ferro

1903 nachts 10—11. Feber.

6h 20m	+ 0.7	I	222.5	222.5			+ 11.8	+ 0.9	— 2.0	+ 5.8
8h 0m	+ 0.7	II	226.2	225.9	226.2		+ 10.5	+ 0.1	— 1.3	+ 3.1
9h 40m	+ 1.2	III	225.0	224.4	224.9	225.0	+ 9.9	+ 1.5	+ 1.7	+ 3.2
11h 20m	+ 1.1	IV	223.0	222.1	222.8	222.7	+ 10.7	+ 0.8	— 0.5	+ 4.0
1h 0m	+ 0.7	V	222.9	221.7	222.5	222.3				
2h 40m	+ 1.3	I	224.0	222.5	223.5	223.1				
4h 20m	+ 1.0	II	226.8		226.2	225.6				
6h 0m	— 0.8	III	226.5			225.0				
Topographischer Wert:							+ 10.7	+ 0.8	— 0.5	+ 4.0

Beobachter: PEKÁR.

Station 37.

 $\varphi = 46^\circ 44' 34''$ $\lambda = 35^\circ 11' 83''$ von Ferro

1903 nachts 11—12. Feber.

6h 25m	— 4.2	I	220.2	220.2			+ 12.7	+ 2.0	+ 56.5	+ 0.8
8h 0m	+ 3.1	II	221.0	220.9	221.0		+ 12.5	+ 2.0	+ 56.9	+ 0.5
9h 37m	+ 1.6	III	225.6	225.3	225.5	225.6	+ 12.6	+ 1.6	+ 55.8	+ 0.5
11h 13m	+ 0.4	IV	216.9	216.5	216.7	216.9	+ 12.6	+ 1.9	+ 56.4	+ 0.6
12h 50m	— 1.0	V	220.9	220.3	220.5	220.8				
2h 25m	— 0.2	I	220.9	220.2	220.4	220.8				
4h 0m	— 0.5	II	221.6		221.0	221.4				
5h 35m	— 1.0	III	225.8			225.6				
Topographischer Wert:							+ 12.6	+ 1.9	+ 56.4	+ 0.6

Beobachter: EÖTVÖS.

Station 38.

$$\varphi = 46^\circ 43'36'' \quad \lambda = 35^\circ 9'69'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 12—13. Feber.

Zeit der Beobachtung	Temperatur in C.-Graden	Stellung	Ableitung, z	Ausgeglichenere Ableitungen			$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x}$	$10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
7h 35m	+ 1.6	II	212.8	212.8			+ 11.1	+ 17.1	+ 18.0	— 1.6
9h 20m	+ 1.0	III	217.2	217.3						
10h 55m	+ 1.6	IV	212.9	213.0						
12h 30m	+ 2.6	V	210.0	210.2						
2h 5m	+ 4.0	I	209.5	209.7						
3h 45m	+ 4.2	II	212.5	212.8						
Terrainwirkung:							— 5.5			
Topographischer Wert:							+ 16.6	+ 17.1	+ 18.0	— 1.6

Terrainwirkung durch Neigung des Seebodens verursacht.

Beobachter: EÖTVÖS.

Station 39.

$$\varphi = 46^\circ 42'75'' \quad \lambda = 35^\circ 7'21'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 13—14. Feber.

5h 40m	+ 1.6	I	216.1	216.1			+ 23.4	+ 1.8	+ 6.7	— 5.5
7h 20m	+ 0.2	II	219.1	219.0	219.1		+ 23.2	+ 1.8	+ 7.1	— 5.7
9h 0m	+ 0.4	III	219.4	219.1	219.3		+ 23.3	+ 1.8	+ 6.9	— 5.6
10h 40m	+ 0.6	IV	213.8	213.4	213.6					
12h 20m	+ 1.6	V	212.0	211.4	211.6					
2h 0m	+ 0.4	I	216.8	216.1	216.3					
3h 40m	+ 1.5	II	219.7		219.1					
Terrainwirkung:							— 2.4			
Topographischer Wert:							+ 25.7	+ 1.8	+ 6.9	— 5.6

Terrainwirkung durch Neigung des Seebodens verursacht.

Beobachter: EÖTVÖS.

Station 40.

$$\varphi = 46^\circ 42'40'' \quad \lambda = 35^\circ 4'72'' \text{ von Ferro}$$

1903 nachts 14—15. Feber.

9h 0m	+ 1.4	I	204.5	204.5			+ 23.1	+ 4.9	+ 35.1	+ 1.9
10h 40m	+ 2.4	II	208.1	208.3						
12h 20m	+ 2.8	III	210.2	210.6						
2h 0m	+ 2.0	IV	201.2	201.9						
3h 40m	+ 1.5	V	201.8	202.7						
5h 20m	+ 1.4	I	203.4	204.5						
Terrainwirkung:							— 4.8			
Topographischer Wert:							+ 27.9	+ 4.9	+ 35.1	+ 1.9

Station nahe dem Ufer.

Beobachter: EÖTVÖS.

III. FOLGERUNGEN AUF DIE KRÜMMUNG DER NIVEAUFLÄCHE UND AUF DIE VARIATIONEN DER SCHWERKRAFT.

1. Topographische Werte.

In den vorangehenden Ausführungen haben wir gezeigt, wie wir aus den durch Beobachtungen gewonnenen Werten der $(b-a)$, c , G_x und G_y durch Rechnung zur Kenntnis der Grössen R , λ , $Gr(g)$ und γ gelangen.

Fassen wir die Bedeutung dieser Grössen nochmals zusammen.

R ist die horizontale Richtkraft, mit anderer Deutung das Mass der Differenz der Hauptkrümmungen, da ja

$$R = g \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

wo r_1 immer den grösseren Krümmungsradius bedeutet, und sonach R immer positiv ist.

λ ist jener Winkel, den R mit der Achse X einschliesst. R liegt immer in jener vertikalen Schnittebene, in welcher der Krümmungsradius des Schnittes der Niveaufläche am grössten ist.

Der Winkel λ bestimmt somit die Richtung der Hauptkrümmungen. In dem Nachfolgenden werden wir λ immer vom astronomischen Meridian, u. z. von Norden gegen Osten messen.

$Gr(g)$ ist der Gradient der Schwere in der Niveaufläche, oder im Sinne der Gleichung

$$\varepsilon = \frac{Gr(g)}{g}$$

das Mass der Variation der Erdschwere nach abwärts.

γ bedeutet jenen Winkel, der die Richtung des Gradienten bestimmt, den wir eben so wie λ auf den astronomischen Meridian beziehen werden.

Bei der Aufarbeitung der unmittelbaren Messungsergebnisse ist unsere erste Aufgabe die Umrechnung der auf den magnetischen Meridian bezogenen Werte auf den astronomischen Meridian. Diese Umrechnung kann auf Grund unserer vorangehenden Entwicklungen ohne Schwierigkeit stattfinden.¹ In den hier vorliegenden Untersuchungen lagen die Stationen der Beobachtungen je eines Jahres nahe genug, um bei der Umrechnung für alle Stationen denselben Wert der magnetischen Deklination annehmen zu dürfen. Als solcher wurde im Jahre 1901 für die am oberen, nordöstlichen Teil des Balatonsees liegenden Stationen $\delta = 7^\circ 30'$ genommen; infolge der sekulären Variationen der Deklination ergab sich zufälligerweise derselbe Wert für den im Jahre 1903 untersuchten südwestlichen Teil des Sees.

Die auf den astronomischen Meridian in dieser Weise umgerechneten topographischen Werte befinden sich in den ersten Kolonnen der hier folgenden Tabellen. Die aus diesen, als Resultate berechneten Werte folgen in den nachfolgenden Kolonnen.

¹ Siehe ausführlicher in: Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe der Drehwage.

Topographische Werte.

	Station	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(\bar{g})$	γ
Beobachtungen im Jahre 1901	1	+ 3.9	— 14.2	0	+ 1.4	2.8	+ 45.0°	14.7	— 74.7°
	2	+ 14.3	— 2.9	+ 3.0	— 7.9	16.1	— 50.4	14.6	— 11.5
	3	+ 39.9	+ 10.7	— 31.0	+ 14.9	43.0	+ 21.9	41.3	+ 15.0
	4	+ 20.5	+ 5.6	+ 8.7	— 15.9	33.0	— 52.7	21.3	+ 15.3
	5	— 9.9	+ 9.2	— 4.4	— 6.6	13.9	— 35.8	13.5	+ 137.1
	6	+ 16.7	+ 5.8	— 15.5	+ 4.0	17.4	+ 13.7	17.7	+ 19.2
	7	+ 10.1	— 0.4	— 10.3	+ 0.6	10.4	+ 3.3	10.1	— 2.3
	8	+ 11.0	— 2.4	+ 26.4	— 4.0	27.6	— 81.5	11.3	— 12.3
	9	+ 14.7	+ 21.8	+ 93.3	+ 73.1	173.4	+ 61.3	26.3	+ 56.0
	10	+ 4.6	— 5.7	+ 57.0	+ 26.9	78.4	+ 68.3	7.3	— 51.1
	11	+ 3.0	+ 6.0	+ 25.0	— 15.9	40.4	— 64.1	6.7	+ 63.4
	12	+ 6.1	— 6.5	+ 12.4	+ 5.5	16.6	+ 69.2	8.9	— 46.8
	13	+ 18.1	— 33.6	+ 8.2	— 0.6	8.3	— 85.8	38.2	— 61.7
	14	+ 4.0	— 10.5	+ 28.1	+ 18.2	46.0	+ 63.8	11.2	— 69.2
	15	+ 25.1	— 11.8	— 21.3	— 8.4	27.1	— 19.1	27.7	— 25.2
	16	+ 19.3	— 5.8	+ 30.7	+ 3.2	31.4	+ 84.1	20.4	— 16.7
	17	+ 22.6	— 2.9	+ 8.6	— 4.3	12.2	— 67.5	22.8	— 7.3
	18	+ 6.8	+ 7.3	+ 6.4	— 1.6	7.2	— 76.7	10.0	+ 47.0
	19	+ 21.6	+ 0.9	+ 5.0	— 0.7	5.2	— 82.2	21.6	+ 2.4
	20	+ 4.8	+ 7.4	— 3.3	— 20.8	41.7	— 42.7	8.8	+ 57.0
	21	+ 13.5	+ 6.0	+ 10.7	+ 0.6	10.8	+ 86.8	14.8	+ 24.0
	22	+ 35.5	+ 3.6	+ 16.2	+ 5.4	19.5	+ 73.2	35.7	+ 5.8
	23	+ 13.6	— 2.8	+ 0.5	— 1.3	2.8	— 50.4	13.9	— 11.6
	24	+ 37.8	— 13.2	+ 12.4	— 7.1	18.9	— 65.6	40.0	— 19.3
	25	+ 33.4	— 36.5	— 21.1	+ 3.1	22.0	+ 10.6	49.5	— 47.5
	26	+ 31.1	— 31.3	+ 13.3	— 7.3	19.8	— 66.2	44.1	— 45.2
	27	— 38.4	+ 4.4	— 0.2	+ 10.8	21.6	+ 44.7	38.7	+ 173.5
	28	— 4.5	— 13.3	+ 14.2	+ 5.1	17.5	+ 72.2	14.0	— 108.7
Beobachtungen im Jahre 1903	29	+ 11.0	+ 0.2	—	—	—	—	11.0	+ 1.1°
	30	+ 31.3	— 9.8	— 12.7	— 9.8	23.3	— 28.5°	32.8	— 17.4
	31	+ 17.2	— 2.1	— 2.7	— 13.7	27.5	— 42.2	17.3	— 7.0
	32	+ 8.9	+ 1.2	— 21.7	— 12.8	33.6	— 24.9	9.0	+ 7.7
	33	+ 20.0	— 3.8	+ 9.5	— 3.6	11.9	— 71.4	20.4	— 10.8
	34	+ 19.7	— 3.2	+ 4.9	— 2.4	6.9	— 67.8	20.0	— 9.2
	35	+ 12.1	— 3.5	— 7.6	— 0.8	7.8	— 6.0	12.6	— 16.1
	36	+ 10.7	— 0.6	— 2.6	+ 3.8	8.0	+ 35.6	10.7	— 3.2
	37	+ 12.7	+ 0.2	+ 54.2	+ 7.7	56.4	+ 82.0	12.7	+ 0.9
	38	+ 18.7	+ 14.8	+ 18.2	+ 0.8	18.3	+ 87.5	23.8	+ 38.4
	39	+ 25.3	— 1.5	+ 9.6	— 4.5	13.2	— 68.4	25.3	— 3.4
	40	+ 28.3	+ 1.2	+ 32.9	+ 6.4	35.3	+ 79.4	28.3	+ 2.4

Topographische Werte der Richtkräfte R.

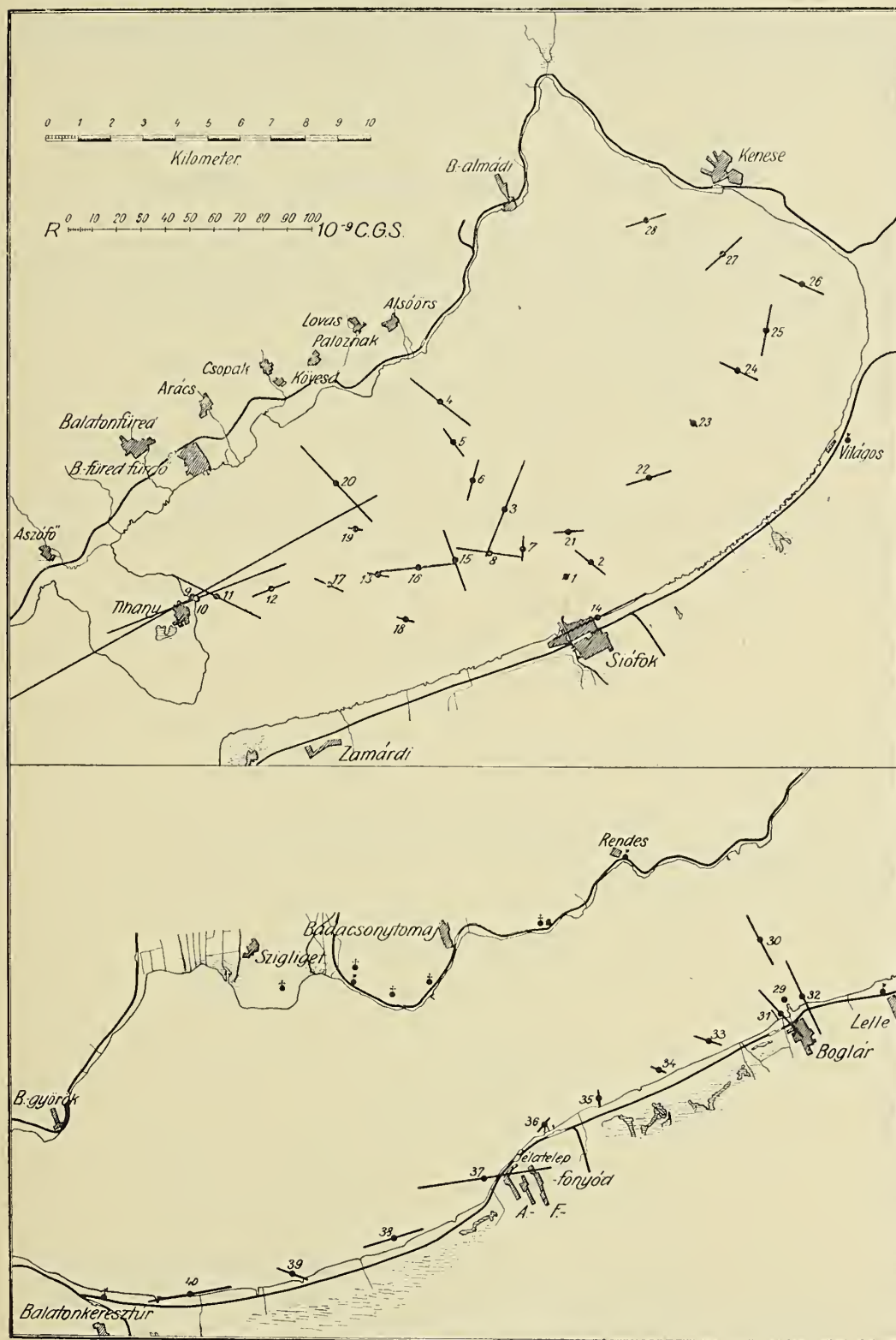


Fig. 20.

Die Resultate kann man auch in die Landkarte hineinzeichnen, und zwar so, dass $Gr(g)$ und R an dem Ort der einzelnen Stationen durch Gerade dargestellt werden, deren Länge ihren Werten proportional ist, und ihre Richtung übereinstimmend. Diese ist auf den vorangehenden Seiten an den Figuren 19. und 20. zu sehen.

2. Normale Werte und topographische Störungen.

Wir haben für die Dimensionen der Erde und die Variationen der Schwerkraft an ihrer Oberfläche gewisse normale Werte angenommen, und den ferneren Untersuchungen das Ziel gesteckt, die Abweichungen von diesen normalen Werten, die sogenannten Störungen zu ermitteln.

Die einem topographischen Werte anhaftende Störung erhalten wir durch Subtraktion des normalen Wertes von demselben.

Topographischer Störungswert = topographischer Wert — normaler Wert.

Für unsere Beobachtungsstationen sind die den Dimensionen des BESSELSchen Ellipsoids und der HELMERTschen Formel entsprechenden normalen Werte die folgenden:

die horizontale Richtkraft:

$$R = 4.8.10^{-9}$$

$$\lambda = 90^0,$$

d. i. R ist auf den Meridian normal,

der Krümmungsradius des Meridianschnittes: 6368.9 Km,

der Krümmungsradius des auf diesen normalen Schnittes: 6388.8 Km,

der Gradient der Schwere:

$$Gr(g) = 8.1.10^{-9}$$

$$\gamma = 0,$$

d. h. die Schwere wächst gegen Norden.

Diesen normalen Werten entsprechend sind:

$$\begin{array}{ll} 10^9 G_x &= 8.1 \\ 10^9 (b-a) &= 4.8 \end{array} \qquad \begin{array}{ll} 10^9 G_y &= 0 \\ 10^9 c &= 0 \end{array}$$

Diese Werte aus den entsprechenden topographischen Werten subtrahiert, erhalten wir ihre topographischen Störungen, und nach weiterer Rechnung auch die topographischen Störungen des R , λ , $Gr(g)$ und γ .

Alle diese Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Topographische Störungswerte.

	Station	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(g)$	γ
Beobachtungen im Jahre 1901	1	— 4.2	— 14.2	— 4.8	+ 1.4	5.6	+ 15.1 ⁰	14.8	— 106.5 ⁰
	2	+ 6.2	— 2.9	— 1.8	— 7.9	15.9	— 41.8	6.8	— 25.1
	3	+ 31.8	+ 10.7	— 35.8	+ 14.9	46.6	+ 19.9	33.4	+ 18.6
	4	+ 12.4	+ 5.6	+ 3.9	— 15.9	32.0	— 48.5	13.6	+ 24.3
	5	— 18.0	— 9.2	— 9.2	— 6.6	16.0	— 27.6	20.2	+ 152.9
	6	+ 8.6	+ 5.8	— 20.3	+ 4.0	21.7	+ 10.8	10.4	+ 34.0
	7	+ 2.0	— 0.4	— 15.1	+ 0.6	15.1	+ 2.3	2.0	— 11.3
	8	+ 2.9	— 2.4	+ 21.6	— 4.0	23.0	— 79.8	3.8	— 39.5
	9	+ 6.6	+ 21.8	+ 88.5	+ 73.1	170.9	+ 60.6	22.8	+ 73.2
	10	— 3.5	— 5.7	+ 52.2	+ 26.9	75.0	+ 67.1	6.7	— 121.7
	11	— 5.1	+ 6.0	+ 20.2	— 15.9	37.7	— 61.2	7.9	+ 130.4
	12	— 2.0	— 6.5	+ 7.6	+ 5.5	13.4	+ 62.3	6.8	— 107.1
	13	+ 10.0	— 33.6	+ 3.4	— 0.6	3.6	— 80.3	35.1	— 73.4
	14	— 4.1	— 10.5	+ 23.3	+ 18.2	43.2	+ 61.3	11.3	— 111.3
	15	+ 17.0	— 11.8	— 26.1	— 8.4	31.0	— 16.4	20.7	— 34.8
	16	+ 11.2	— 5.8	+ 25.9	+ 3.2	26.7	— 83.1	12.6	— 27.4
	17	+ 14.5	— 2.9	+ 3.8	— 4.3	9.4	— 56.9	14.8	— 11.3
	18	+ 1.3	+ 7.3	+ 1.6	— 1.6	3.6	— 58.3	7.4	+ 100.1
	19	+ 13.5	+ 0.9	+ 0.2	— 0.7	1.4	— 49.1	13.5	+ 3.8
	20	— 3.3	+ 7.4	— 8.1	— 20.8	42.4	— 39.5	8.1	+ 114.0
	21	+ 5.4	+ 6.0	+ 5.9	+ 0.6	6.0	+ 84.3	8.1	+ 48.0
	22	+ 27.4	+ 3.6	+ 11.4	+ 5.4	15.7	+ 68.3	27.6	+ 7.5
	23	+ 5.5	— 2.8	— 4.3	— 1.3	5.0	— 15.6	6.2	— 27.0
	24	+ 29.7	— 13.2	+ 7.6	— 7.1	16.1	— 59.1	32.5	— 24.0
	25	+ 25.3	— 36.5	— 25.9	+ 3.1	26.6	+ 6.7	44.4	— 55.3
	26	+ 23.0	— 31.3	+ 8.5	— 7.3	16.9	— 60.1	38.8	— 53.7
	27	— 46.5	+ 4.4	— 5.0	+ 10.8	22.2	+ 38.5	46.7	+ 174.6
	28	— 12.6	— 13.3	+ 9.4	+ 5.1	13.9	+ 61.3	18.3	— 133.5
Beobachtungen im Jahre 1903	29	+ 2.9	+ 0.2	—	—	—	—	2.9	+ 4.0 ⁰
	30	+ 23.2	— 9.8	— 17.5	— 9.8	26.3	— 24.1 ⁰	25.2	— 22.9
	31	+ 9.1	— 2.1	— 7.5	— 13.7	28.4	— 37.4	9.3	— 13.0
	32	+ 0.8	+ 1.2	— 26.5	— 12.8	36.8	— 22.0	1.4	+ 56.3
	33	+ 11.9	— 3.8	+ 4.7	— 3.6	8.6	— 61.4	12.5	— 17.7
	34	+ 11.6	— 3.2	+ 0.1	— 2.4	4.8	— 45.6	12.0	— 15.4
	35	+ 4.0	— 3.5	— 12.4	— 0.8	12.5	— 3.7	5.3	— 41.2
	36	+ 2.6	— 0.6	— 7.4	+ 3.8	10.6	+ 22.9	2.7	— 13.0
	37	+ 4.6	+ 0.2	+ 49.4	+ 7.7	51.7	+ 81.3	4.6	+ 2.5
	38	+ 10.6	+ 14.8	+ 13.4	+ 0.8	13.5	+ 86.6	18.2	+ 54.4
	39	+ 17.2	— 1.5	+ 4.8	— 4.5	10.2	— 59.0	17.3	— 5.0
	40	+ 20.2	+ 1.2	+ 28.1	+ 6.4	30.9	+ 79.3	20.2	+ 3.4

Diese Tabelle zeigt die Abweichungen von den normalen Verhältnissen an einzelnen Punkten, doch wird es nicht ohne Interesse sein, unser Augenmerk auch auf die mittleren Abweichungen eines grösseren Gebiets zu richten. Dies können wir tun für den oberen nordöstlichen Teil des Balatonsees, wo die grössere Anzahl der Stationen dies ermöglicht. Der Spiegel des Balatonsees verwirklicht nämlich tatsächlich ein Stück der Niveaufläche, und liefert dadurch ein treues Bild eines Teiles der Erdfigur.

Zu diesem Zwecke bildeten wir aus den Daten der Beobachtungen des Jahres 1901 Mittelwerte. Hierbei haben wir die Daten der Stationen Nr 9, 10 und 11 ausgeschlossen, da sie sich auf Orte beziehen, deren Entfernung vom Tihanyer Ufer kleiner als 1 km war. An diesen Stationen haben wir unsere Beobachtungen mehr in der Absicht angestellt, um die Wirkung des Tihanyer Berges zu erforschen. Die übrigen 25 Stationen geben folgende Mittelwerte:

	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
Topographische Mittelwerte . .	+ 14.27	— 5.09	+ 3.91	— 0.55
Normale Werte	+ 8.10	0	+ 4.80	0
Mittelwerte der topographischen Störungen	+ 6.17	— 5.09	— 0.89	— 0.55

Aus diesen berechnet:

	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(g)$	γ
Topographische Mittelwerte . .	4.06	— 82.1°	15.15	— 19.6°
Normale Werte	4.80	— 90.0	8.10	0
Mittelwerte der topographischen Störungen	1.42	— 25.4	8.00	— 39.5

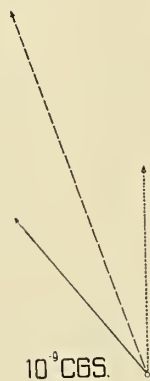


Fig. 21.

Figur 21. stellt $Gr(g)$, Figur 22. aber R dar, in proportionalen Längen und entsprechender Richtung.

Die gestrichelte Linie bezieht sich auf die topographischen Mittelwerte, die punktierte auf die normalen Werte, und die ausgezogene auf die Störungen.



Fig. 22.

In Betracht der verhältnismässig geringen Anzahl der Stationen, können diese Mittelwerte zwar nicht als endgültig betrachtet werden, doch zeigen sie mit Bestimmtheit, dass die Form der Niveaufläche des Balatonsees im Durchschnitt von der normalen nur geringe Abweichungen aufweist.

3. Kartographische Wirkung und subterrane Störung.

Die Störungen, die wir in den Schwereverhältnissen der Erde beobachten, sind auf die ungleichmässige Verteilung der Massen zurückzuführen. Da wirken ausser den auf der Erdoberfläche sichtbaren und auch auf den Landkarten dargestellten Massen auch jene mit, die unter der Oberfläche gelagert sind.

Die Wirkung der erstgenannten können wir auf Grund unserer Landkarten berechnen, die Wirkung der letzteren, der unsichtbaren Massen ergibt sich dann durch die Differenz der topographischen Wirkung und jener der sichtbaren Massen. Zur richtigen Unterscheidung werden wir die den durch Landkarten dargestellten Massengruppierungen entsprechende Wirkung die kartographische Wirkung nennen, während jene Störungen, die von den unter der Oberfläche unsichtbar gelagerten Massen herrühren, mit dem Namen: subterrane Störungen bezeichnet werden sollen, so dass:

$$\text{subterrane Störung} = \text{topographische Störung} - \text{kartographische Wirkung} = \\ \text{topographischer Wert} - \text{normaler Wert} - \text{kartographische Wirkung}.$$

Die kartographischen Wirkungen können wir nach dem allgemeinen Gesetz der Massenanziehung auf Grund unserer Landkarten nur sofern berechnen, als wir auch die Dichtigkeit der nur in ihrer Gestalt und Volumen dargestellten Massen kennen. Streng genommen, würden wir deshalb geologische Karten benötigen, doch gelangen wir zu einer genügend genauen Lösung der Aufgabe, wenn wir die Rechnungen mit einer mittleren Dichte vollführen. Als solch eine mittlere Dichte nahmen wir für massive Gesteine den Wert 2.6 an.

Den Gang der Rechnung habe ich in der schon angeführten Abhandlung dargestellt¹ Hier bemerke ich nur, dass dies eine recht mühsame Arbeit ist, da die Rechnung in der nächsten Umgebung viele Einzelheiten zu berücksichtigen hat, und sich in der Ferne auch auf sehr fernegelegene Gebiete ausdehnen muss.

Bei den hier verhandelten Beobachtungen war die Sache noch leicht, denn abgesehen von einigen Stationen, haben wir uns weit von den umgebenden Gebirgen bewegt; trotzdem mussten wir nicht nur die Erhebungen der Ufer des Balatonsees in Betracht ziehen, sondern gegen Norden auch den ganzen Bakony und das Vértesgebirge, gegen Süden aber die bis an Pécs reichenden Erhebungen, und gegen Westen sogar die Alpen, welche letztere im Werte des R noch eine Wirkung von nahe 1.10^{-9} Einheiten ausüben, die von unserem Apparat empfunden wird.

Die für die Orte unserer Beobachtungen berechneten kartographischen Wirkungen fasst die beigefügte Tabelle (Seite 54.) zusammen.

Die für grössere Entfernungen von den Ufern berechneten Werte des Gradienten sind so klein, dass wir sie in der Tabelle vernachlässigen konnten.

Umso grössere Sorgfalt mussten wir auf die unmittelbar unter der Tihanyer Halbinsel liegenden Stationen Nr. 9, 10, 11, 12 und 17, ferner auf die in der Nähe des Boglärer Ferges liegenden Nr. 29, 31 und 32, endlich auf die bei dem Fonyóder Berg liegenden Stationen Nr. 36 und 37 verwenden. Für alle diese haben wir die Wirkung der naheliegenden Erhebungen auf Grund der Detailkarte im Masstabe von 1:25000 berechnet.

¹ Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe der Drehwaage.

Kartographische Wirkungen.

	Station	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 \left(\frac{b-a}{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(g)$	γ
Beobachtungen im Jahre 1901	1	—	—	— 5·7	— 4·4	10·5	— 28·5 ⁹	—	—
	2	—	—	— 4·4	— 3·6	8·4	— 29·3	—	—
	3	—	—	— 5·2	— 6·4	13·8	— 34·0	—	—
	4	—	—	— 5·1	— 14·4	29·2	— 40·0	—	—
	5	—	—	— 5·1	— 11·8	24·1	— 38·9	—	—
	6	—	—	— 5·1	— 8·2	17·2	— 36·4	—	—
	7	—	—	— 5·5	— 5·0	11·4	— 30·6	—	—
	8	—	—	— 6·6	— 5·4	12·7	— 28·8	—	—
	9	+ 12·5	+ 20·8	+ 63·4	+ 62·7	140·5	+ 58·4	24·3	+ 59·0 ⁹
	10	+ 4·3	+ 8·9	+ 47·6	+ 30·5	77·4	+ 64·0	9·9	+ 64·2
	11	—	—	+ 3·7	+ 0·7	4·0	+ 79·6	—	—
	12	—	—	— 10·1	— 9·0	13·5	— 5·1	—	—
	13	—	—	— 9·1	— 7·3	17·2	— 29·0	—	—
	14	—	—	— 5·9	— 4·2	10·3	— 27·5	—	—
	15	—	—	— 7·5	— 5·9	14·0	— 28·8	—	—
	16	—	—	— 8·5	— 6·6	15·7	— 28·6	—	—
	17	—	—	— 10·2	— 8·2	19·3	— 29·1	—	—
	18	—	—	— 10·1	— 5·3	14·6	— 23·2	—	—
	19	—	—	— 9·0	— 9·8	21·6	— 32·7	—	—
	20	—	—	— 10·3	— 12·2	26·5	— 33·6	—	—
	21	—	—	— 4·2	— 4·2	9·4	— 31·7	—	—
	22	—	—	— 2·6	— 3·1	6·7	— 33·6	—	—
	23	—	—	— 1·8	— 2·6	5·5	— 35·5	—	—
	24	—	—	— 2·2	— 2·0	4·6	— 30·6	—	—
	25	—	—	— 3·3	— 1·2	4·1	— 16·0	—	—
	26	—	—	— 6·4	+ 2·4	8·0	+ 16·4	—	—
	27	—	—	— 2·5	— 1·4	3·8	— 24·1	—	—
	28	—	—	+ 0·6	— 0·5	1·2	— 60·5	—	—
Beobachtungen im Jahre 1903	29	—	—	— 7·2	— 10·2	21·6	— 35·3 ⁹	—	—
	30	—	—	— 12·9	— 6·8	18·7	— 23·3	—	—
	31	+ 0·1	— 0·2	— 2·0	— 11·8	23·7	— 42·6	0·2	— 63·4 ⁹
	32	—	—	— 11·6	— 8·5	20·6	— 27·9	—	—
	33	—	—	— 2·5	— 5·2	10·7	— 38·3	—	—
	34	—	—	— 1·3	— 3·7	7·5	— 40·0	—	—
	35	—	—	— 0·1	— 1·7	3·4	— 44·2	—	—
	36	+ 0·4	+ 0·1	— 12·7	+ 2·7	13·8	+ 11·5	0·4	+ 14·0
	37	— 0·1	— 2·8	+ 50·9	+ 0·1	50·9	+ 89·9	2·8	— 92·1
	38	—	—	+ 0·2	— 0·5	1·0	— 50·7	—	—
	39	—	—	— 0·4	— 0·2	0	— 22·5	—	—
	40	—	—	— 0·6	+ 0·4	1·2	+ 26·6	—	—

Die dieser Wirkung entsprechenden Werte sind nicht ohne Interesse, und verdienen, dass wir sie von den gesamten kartographischen Wirkungen getrennt, auch für sich allein mitteilen.

Wirkung der Tihanyer Halbinsel.

(Die grösste Erhebung über dem See beträgt 107 m. Angenommene Dichte = 2.5.)

Station	Entfernung vom Ufer in Metern	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 \epsilon$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(g)$	γ
9	65	+ 12.5	+ 20.8	+ 76.9	+ 73.7	166.3	+ 58.8 ⁰	24.3	+ 59.0 ⁰
10	130	+ 4.3	+ 8.9	+ 61.1	+ 41.5	103.6	+ 63.2	9.9	+ 64.2
11	910	0.0	0.0	+ 11.9	+ 5.2	15.8	+ 69.4	0.0	0.0
12	2550	0.0	0.0	+ 2.7	+ 0.8	3.1	+ 74.7	0.0	0.0
17	4300	0.0	0.0	+ 1.2	+ 0.2	1.3	+ 80.8	0.0	0.0



Fig. 23.

Die Lage der Stationen ist auf beiliegender Detailkarte (Figur 23.) genauer angegeben, auf welcher auf die zur Basis der Berechnung dienenden 20 Meter Schichtenlinien sichtbar sind

Wirkung des Boglärer Berges.

(Höhe über dem See 58 m. Angenommene Dichte = 2·6)

Station	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 \epsilon$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(g)$	γ
31	+ 0·1	— 0·2	+ 4·0	— 3·3	7·7	— 60·6°	0·2	— 31·7°
29	0·0	0·0	— 1·2	— 1·7	3·6	— 70·3	0·0	0·0
32	—	—	— 5·6	0·0	5·6	0·0	—	—

Die Stationen liegen in Entfernungen kleiner als 1 Km, in der Reihenfolge der Tabelle, gegen Norden, gegen Nordwesten und Westen.

Wirkung des Fonyóder Berges.

(Höhe über dem See 126 m. Angenommene Dichte = 2·6)

Station	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 \epsilon$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(g)$	γ
35	0·0	0·0	+ 0·1	+ 0·7	1·4	+ 47·1°	0·0	0·0°
36	+ 0·4	+ 0·1	— 12·6	+ 4·6	15·6	+ 18·1	0·4	+ 7·0
37	— 0·1	— 2·8	+ 51·0	+ 1·5	51·1	+ 88·3	2·8	— 46·0
38	0·0	0·0	+ 0·4	+ 0·3	0·7	+ 61·8	0·0	0·0

Die Orte der Stationen sind in der Kartenskizze verzeichnet. Die Station Nr. 37 ist vom Ufer nur 180 m entfernt.

Durch Subtraktion der kartographischen Wirkungen von den topographischen Störungen erhielten wir die subterranean Störungswerte, d. h. die Wirkung der unsichtbaren Massen. Diese Störungswerte sind in der beiliegenden Tabelle zusammengefasst und auch in die Kartenskizzen Figuren 24. und 25. eingezeichnet (Seiten 58, 59.).

Subterrane Störungswerte.

	Station	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr(g)$	γ
Beobachtungen im Jahre 1901.	1	— 4·2	— 14·2	+ 0·9	+ 5·8	11·6	+ 47·2 ⁹	14·8	— 106·5 ⁹
	2	+ 6·2	— 2·9	+ 2·6	— 4·3	9·0	— 53·4	6·8	— 25·1
	3	+ 31·8	+ 10·7	— 30·6	+ 21·3	52·5	+ 27·2	33·4	+ 18·6
	4	+ 12·4	+ 5·6	+ 9·0	— 1·5	9·5	— 80·8	13·6	+ 24·3
	5	— 18·0	+ 9·2	— 4·1	+ 5·2	11·2	+ 34·3	20·2	+ 152·9
	6	+ 8·6	+ 5·8	— 15·2	+ 12·2	28·7	+ 29·1	10·4	+ 34·0
	7	+ 2·0	— 0·4	— 9·6	+ 5·6	14·8	+ 24·7	2·0	— 11·3
	8	+ 2·9	— 2·4	+ 28·2	+ 1·4	28·3	+ 87·2	3·8	— 39·5
	9	— 5·9	+ 1·0	+ 25·1	+ 10·4	32·6	+ 70·2	6·0	+ 170·4
	10	— 7·8	— 14·6	+ 4·6	— 3·6	8·5	— 61·4	16·6	— 118·1
	11	— 5·1	+ 6·0	+ 16·5	— 16·6	37·1	— 58·2	7·9	+ 130·4
	12	— 2·0	— 6·5	+ 17·7	+ 14·5	34·0	+ 60·7	6·8	— 107·1
	13	+ 10·0	— 33·6	+ 12·5	+ 6·7	18·3	+ 66·5	35·1	— 73·4
	14	— 4·1	— 10·5	+ 29·2	+ 22·4	53·5	+ 61·6	11·3	— 111·3
	15	+ 17·0	— 11·8	— 18·6	— 2·5	19·3	— 7·5	20·7	— 34·8
	16	+ 11·2	— 5·8	+ 34·4	+ 9·8	39·6	+ 75·3	12·6	— 27·4
	17	+ 14·5	— 2·9	+ 14·0	+ 3·9	16·0	+ 75·5	14·8	— 11·3
	18	— 1·3	+ 7·3	+ 11·7	+ 3·7	13·8	+ 73·9	7·4	+ 100·1
	19	+ 13·5	+ 0·9	+ 9·2	+ 9·1	20·4	+ 58·4	13·5	+ 3·8
	20	— 3·3	+ 7·4	+ 2·2	— 8·6	17·3	— 48·7	8·1	+ 114·0
	21	+ 5·4	+ 6·0	+ 10·1	+ 4·8	13·9	+ 68·3	8·1	+ 48·0
	22	+ 27·4	+ 3·6	+ 14·0	+ 8·5	22·0	+ 65·2	27·6	+ 7·5
	23	+ 5·5	— 2·8	— 2·5	+ 1·3	3·6	+ 23·1	6·2	— 27·0
	24	+ 29·7	— 13·2	+ 9·8	— 5·1	14·1	— 66·9	32·5	— 24·0
	25	+ 25·3	— 36·5	— 22·6	+ 4·3	24·2	+ 10·4	44·4	— 55·3
	26	+ 23·0	— 31·3	+ 14·9	— 9·7	24·5	— 63·8	38·8	— 53·7
	27	— 46·5	+ 4·4	— 2·5	+ 12·2	24·5	+ 42·1	46·7	+ 174·6
	28	— 12·6	— 13·3	+ 8·8	+ 5·6	16·1	+ 64·5	18·3	— 133·5
Beobachtungen im Jahre 1903	29	+ 2·9	+ 0·2	—	—	—	—	2·9	+ 4·0 ⁹
	30	+ 23·2	— 9·8	— 4·6	— 3·0	7·6	— 26·3 ⁹	25·2	— 22·9
	31	+ 9·0	— 1·9	— 5·5	— 1·9	6·7	— 17·3	9·2	— 11·9
	32	+ 0·8	+ 1·2	— 14·9	— 4·3	17·2	— 15·0	1·4	+ 56·3
	33	+ 11·9	— 3·8	+ 7·2	+ 1·6	7·9	+ 78·0	12·5	— 17·7
	34	+ 11·6	— 3·2	+ 1·4	+ 1·3	3·0	+ 59·2	12·0	— 15·4
	35	+ 4·0	— 3·5	— 12·3	+ 0·9	12·4	+ 4·2	5·3	— 41·2
	36	+ 2·2	— 0·7	+ 5·3	+ 1·1	5·7	+ 78·7	2·3	— 17·7
	37	+ 4·7	+ 3·0	— 1·5	+ 7·6	15·3	+ 42·2	5·6	+ 32·6
	38	+ 10·6	+ 14·8	+ 3·2	+ 1·3	13·5	+ 84·4	18·2	+ 54·4
	39	+ 17·2	— 1·5	+ 5·2	— 4·3	10·0	— 60·6	17·3	— 5·0
	40	+ 20·2	+ 1·2	+ 28·7	+ 6·0	31·1	+ 78·7	20·2	+ 3·4

Subterrane Störungen der Gradienten.

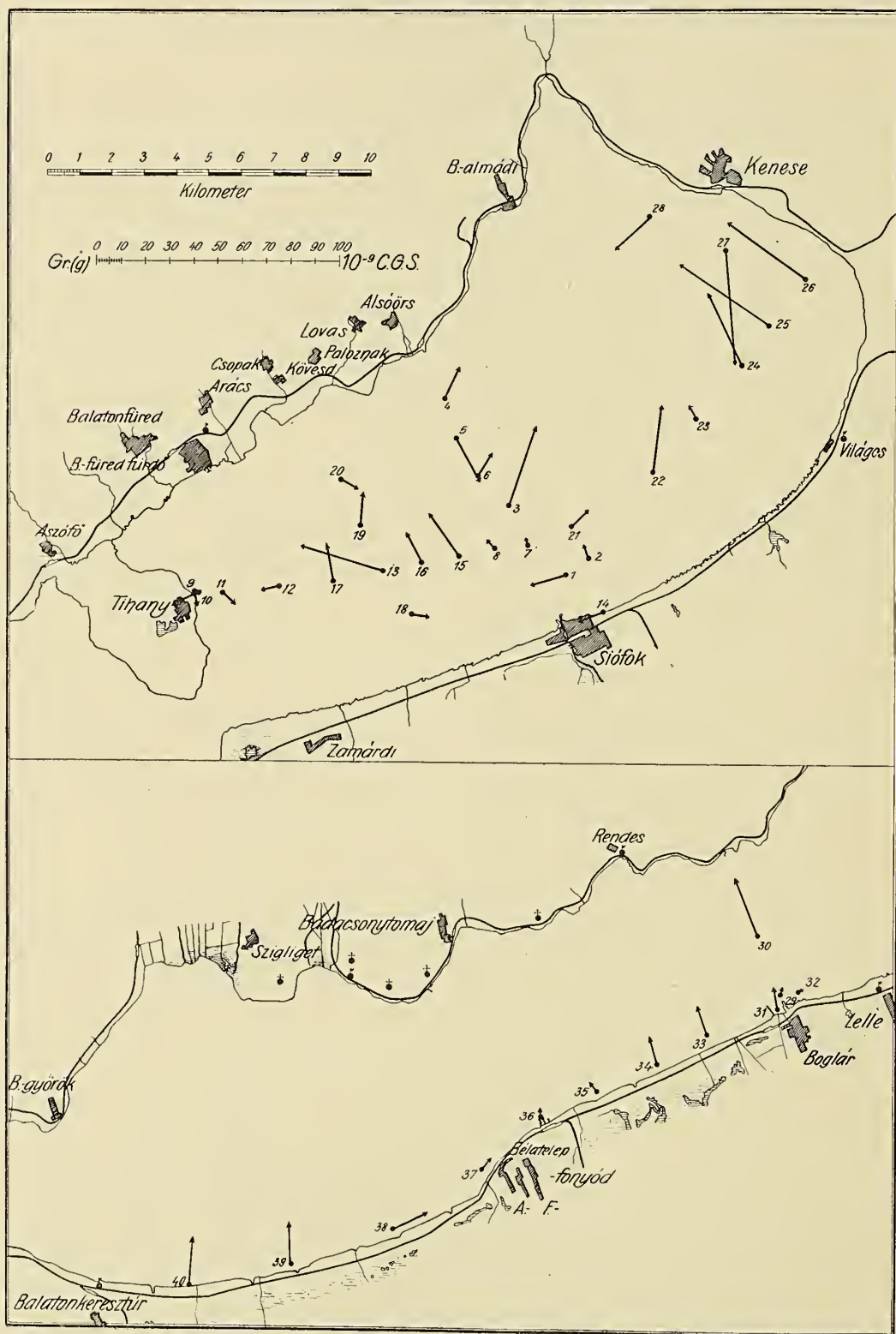


Fig. 24.

Um darüber Aufschluss zu erhalten, wie sich die ganze (topographische) Störung einerseits aus den Störungen der sichtbaren Massen (kartographische Wirkung), andererseits aus den Störungen der unsichtbaren (subterranean) zusammensetzt, bilden wir die Mittelwerte dieser Grössen.

Diese Berechnung wurde, so wie früher, nur für den oberen nordöstlichen Teil des Balatonsees vollführt, indem wir die Werte der Station Nr. 9, 10 und 11 auch diesmal ausgeschlossen haben.

	$10^9 G_x$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$	$10^9 G_y$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$	$10^9 (b-a)$ $10^9 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$	$10^9 c$ $10^9 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$
Mittelwerte der kartogr. Wirkungen	0	0	— 5·83	— 5·61
Mittelwerte der subterranean Störungen	+ 6·17	— 5·09	+ 4·94	— 5·06
Mittelwerte der gesamten, das ist der topographischen Störungen	+ 6·17	— 5·09	— 0·89	— 0·55

und

	$10^9 R$	λ	$10^9 Gr (g)$	γ
Mittelwerte der kartogr. Wirkungen	12·64	— 31·3 ⁰	0	0 ⁰
Mittelwerte der subterranean Störungen	11·26	— 58·0	8·00	— 39·5
Mittelwerte der gesamten, das ist der topographischen Störungen	1·42	— 25·4	8·00	— 39·5

Die Verhältnisse bezüglich der mittleren Richtkraft R zeigt die beiliegende Skizze (Figur 26.), in welcher die kartographische Wirkung mit einer gestrichelten, die subterrane Wirkung mit einer punktierten, die gesamte, oder topographische Wirkung aber mit einer ausgezogenen Linie dargestellt ist.

Bezüglich des Gradienten ist eine ähnliche Zeichnung überflüssig, da die entsprechende kartographische Wirkung zu vernachlässigen ist und somit die Werte der subterranean und der topographischen Störungen gleich sind.

Hieraus ist ersichtlich, dass die Störungen des Gradienten am Balatonsee beinahe ausschliesslich durch subterranean Massen verursacht werden, und ferner auch, dass die sichtbaren und unsichtbaren Massen jene Störungen gegenseitig aufzuheben bestrebt sind, die sie an der Niveaufläche einzeln hervorrufen.

Im kleinen wiederholt sich hier dieselbe Erscheinung, die an den Lotabweichungen in den Alpen und im Himalaya so auffallend zutage tritt. Es ist

jene Offenbarung der Schwerkraft, welche die Massen in eine bleibende Gleichgewichtslagerung zu bringen bestrebt ist, damit auch die Regelwidrigkeiten der Niveaufläche beseitigend.

In dem obigen haben wir die Wirkung der unterirdischen Massen abgesondert, und so wendet sich unsere Aufmerksamkeit der Anordnung dieser Massen zu. Die an einzelnen Stationen angestellten Beobachtungen können uns hierüber kaum genügenden Aufschluss geben, nur ein planmässig gewähltes, genügend dichtes Netz der Stationen könnte die näherungsweise Lösung dieser Aufgabe ermöglichen. Wie ich es schon in der Einleitung erwähnte, kann die Reihe der hier mitgeteilten Beobachtungen nicht als abgeschlossen angesehen werden, und es wäre verfrüht, aus diesen fragmentarischen Daten übereilte Folgerungen zu ziehen. Ich hoffe, dass günstige Eisverhältnisse mir es möglich machen werden, die Lücken ehebaldigst zu füllen. Nach dem Bisherigen können wir nur soviel sagen, dass die nur auf die Längsachse des Balatonsees überwiegend normalen Gradienten, und die dieser Achse parallelen Richtkräfte der subterranean Störungen den gleichgerichteten Verlauf einer tektonischen Linie andeuten.

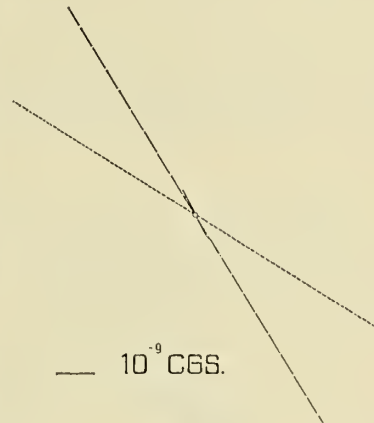


Fig. 26.

IV. VERGLEICHUNG MIT DEN PENDELBEOBACHTUNGEN.

Die unter der Leitung General v. STERNECKS an den Ufern und Umgebungen des Balatonsees vollführten detaillierten Beobachtungen, deren interessante Ergebnisse auch in diesem Sammelwerke erschienen sind, geben mir eine gute Gelegenheit die Resultate der Pendelbeobachtungen mit denen der Torsionswage zu vergleichen.

Diese Vergleichung für den oberen, nordöstlichen Teil des Balatonsees zeigt im grossen ganzen eine Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen beider Beobachtungsarten, indem beide Verfahren von einem Ufer zum anderen in der nordwestlichen Richtung eine geringe Zunahme der Schwere anzeigen.

Nicht so am unteren, südwestlichen Teile des Sees. Jene auffallende Regelwidrigkeit der Beschleunigung der Schwere, die v. STERNECK für die Station Boglár feststellt, und die einen grossen Wert der dorthin gerichteten Gradienten voraussetzt, konnte ich bei der unmittelbaren Bestimmung derselben nicht auffinden.

Zwischen Boglár und Fonyód, nahe dem Ufer, habe ich an sechs Stationen Beobachtungen angestellt, in welchen die topographischen Störungen des Gradienten die folgenden sind:

Station	$10^9 Gr(g)$	γ	$10^9 G_{FB}$
31	9.3	--- 13.0 ⁹	+ 2.5
33	12.5	— 17.7	+ 2.3
34	12.0	— 15.4	+ 2.7
35	5.3	— 41.2	— 1.2
36	2.7	— 13.0	+ 0.7
37	4.6	+ 2.5	+ 2.4

G_{FB} bedeutet die rechtwinklige Komponente des Gradienten¹ in jener Richtung, welche STERNECKS Fonyóder Station mit der von Boglár verbindet.

¹ In meiner Abhandlung «Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe der Drehwage» habe ich in die entsprechende Tabelle nur 5 Stationen aufgenommen, mit der im Beobachtungstagebuche ursprünglich benützten, hier aber geänderten Numerierung. Bei einer neueren Revision der Rechnungen stellte es sich heraus, dass sich in diese ein, das Wesen der aus ihnen zu ziehenden Folgerungen nicht alterierender Fehler eingeschlichen hat, der hier korrigiert ist.

Den Daten der Mitteilung v. STERNECKS entsprechend ist die Differenz der Schwereabweichungen zwischen Boglár und Fonyód 0.051 C. G. S. , somit der durchschnittliche Gradient zwischen diesen Stationen, ihrer Entfernung von 10.3 km entsprechend, $49.5 \cdot 10^{-9}$. Dem gegenüber erreicht der grösste beobachtete Gradient in dieser Richtung nicht einmal den Wert $3 \cdot 10^{-9}$. Es ist dies auch an der beiliegenden Kartenskizze (Figur 27.) ersichtlich, in welche ausser den beobachteten Gradienten auch ihre Projektionen auf die Richtung Fonyód—Boglár eingezeichnet sind. Zur Vergleichung ist auch der den STERNECKSchen Werten entsprechende Gradient durch die Gerade FB versinnlicht.

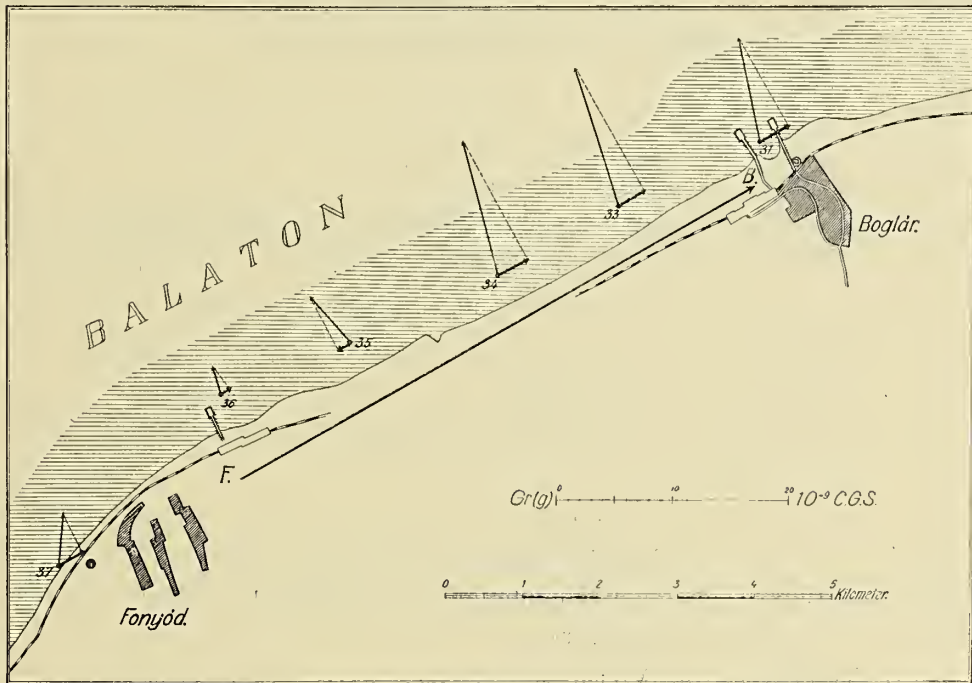


Fig. 27.

Zum gleichen Schlusse gelangen wir, wenn die Differenz der Schwerebeschleunigung aus dem beobachteten Gradienten berechnet wird, dann ergibt sich nämlich, dass sie kleiner als 0.002 C. G. S. sein sollte, entgegen dem grossen von v. STERNECK mitgeteilten Werte.

Vermutlich hat sich in die Boglärer Pendelbeobachtungen ein Fehler eingeschlichen, denn ich halte es für ausgeschlossen, dass ein so grosser Wert des Gradienten sich in den Angaben der Torsionswage auf der ganzen Linie nicht geoffenbart hätte.

Warum ich den Fehler gerade in dem Boglärer, und nicht im Fonyóder Werte suche, der ihn doch auch mitverschulden konnte, hat folgenden Grund: Es ist eben der Boglärer Wert, der durch seine auffallende Grösse aus allen v. STERNECKSchen Werten hervorrage, und die unregelmässige Verbiegung der auf Grund dieser gezogenen Isogammen verursacht. Wird dieser Wert durch den aus den beobachteten Gradienten abgeleiteten Wert ersetzt, erhalten wir auch für die Isogammen ein viel regelmässigeres und die Achse des Balatonsees besser hervorhebendes Bild.

INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite
Einleitung	3
I. Elementare Behandlung der Aufgabe	5
1. Geometrische Darstellung der Kraftlinien und Niveauflächen	5
2. Die übliche Beobachtungsweise der Schwere in den Vertikalen	8
3. Die Schwerkraft in der horizontalen Berührungsebene einer Niveaufläche	10
4. Die Methode der Messungen	21
II. Beobachtungen auf der Eisdecke des Balatonsees in den Jahren 1901 und 1903	28
1. Verlauf der Beobachtungen	28
2. Die unmittelbaren Ergebnisse der Beobachtungen	30
III. Folgerungen auf die Krümmung der Niveaufläche und auf die Variationen der Schwerkraft	46
1. Topographische Werte	46
2. Normale Werte und topographische Störungen	50
3. Kartographische Wirkung und subterrane Störung	53
IV. Vergleichung mit den Pendelbeobachtungen	62
