1). Die Aufgabe, wie sie hier aufgefasst und behandelt wurde.

Das Newton-sche Gesetz lässt sich folgendermassen aussprechen:

Jeder kleinste Theil eines Körpers zieht jeden anderen solchen mit einer Kraft an, deren Richtung mit der Verbindungslinie beider Theile zusammenfällt und deren Grösse dem Produkt ihrer Massen direct und dem Quadrat ihres Abstandes voneinander umgekehrt proportional ist. Sind also $M$ und $m$ die beiden Massentheile und $r$ ihr Abstand, so ~~[illegible]~~ ist die Grösse ihrer gegenseitigen Anziehung:

$$P = f \cdot \frac{Mm}{r^2}$$

entsprechend den Principien der Galilei-Newtonschen Mechanik ist dann ~~[illegible]~~ die Beschleunigung des Massentheiles $m$ gegen $M$:

$$\gamma = f \frac{M}{r^2}$$

Proportionalität von Trägheit und Gravität ist also gleichbedeutend damit dass $f$ eine constante Grösse sei (Gravitationsconstante).

Der ~~grosse~~ nach Newton's Zeiten sich unaufhaltsam entwickelnde Fortschritt ~~in~~ ~~die~~ der Kunst der Beobachtung irdischer und himmlischer Bewegungen ~~seit Newton's Zeiten gemacht~~, ermöglichte später auch eine verfeinerte Ausführung ~~der~~ dieser seinem Gesetze ~~ihm zu Grunde liegenden~~ zu Grunde liegenden Untersuchungen. So wollen wir hier besonders auf die klassischen Pendelbeobachtungen Bessel's hinweisen, durch welche die Gränze einer immerhin noch möglichen Verschiedenheit der Anziehung verschiedener Körper von $\frac{1}{1000}$ auf $\frac{1}{60000}$ verschoben wurde. ~~Eine weitere~~ Noch ~~bedeutender~~ ~~weiter~~ viel beträchtlicher wurde ~~Verschiebung~~ diese Gränze ~~bis zu~~ ~~gelang~~ bis zu $\frac{1}{20000000}$ in neuerer Zeit durch die Untersuchungen von Eötvös herabgesetzt, der unser empfindlichstes Instrument die Drehwage sich ~~hierzu~~ zu diesem Zwecke dienstbar gemacht hatte ~~dabei zu Diensten legte~~.

Die Methode und die Resultate dieser Untersuchung ~~Beobachtung~~ sind nur in einer kurzen Notiz im VIII Bande der naturwissenschaftlichen Berichte aus Ungarn vom Jahre 1890 bekannt gemacht, so hatten wir

110°6

## 2. Über Beobachtungen zur Entscheidung der Frage ob die Gravitation von der materiellen Beschaffenheit der Körper abhängig sei.

Vor allem haben wir hier der Beweisgründe zu gedenken welche Newton selbst in seinen Principien für die Proportionalität von Trägheit und Gravität ~~Substanz~~ verschiedener Körper anführt. Dieselben sind zweifacher Art: Astronomische die sich besonders auf die Bewegung der Jupiterstrabanten beziehen, und Terrestrische die sich auf ~~die~~ Beobachtungen des freien Falles und der Pendelbewegung ~~[illegible]~~ materiell ~~[illegible]~~ verschiedener Körper stützen. Beide Arten der Beweisführung ergeben ~~[illegible]~~ nach Newton ~~[illegible]~~ als Resultat dass eine ob sich Verschiedenheit von nur $\frac{1}{1000}$ der gravitationellen ~~[illegible]~~ Anziehungskraft von verschiedenen Körpern gleicher Masse in gleicher Lage ~~[illegible]~~ durch solche Beobachtungen erkannt werden müsste, die Gravitation also Anziehung daher von der substanziellen Beschaffenheit der Körper unabhängig zu sein scheint.

~~Dann~~ und somit:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{C \sin \varphi}{g + C \cos \varphi} \quad \ldots \ldots \quad 3)$$

Zur bessern Übersicht haben wir die Werthe von $g$, $\delta$, $C$ und $\varepsilon$ den Daten des Bessel-schen Ellypsoids und der Helmert-schen Formel entsprechend für die geographischen Breiten eines Erdquadranten von 5 zu 5 Grad berechnet und in beifolgender Tabelle zusammengestellt. ~~Benutzt~~ Hiebei wurden also ~~hiezu~~ die Werthe benützt:

für die grössere Halbaxe des Erdellypsoids $a = 637739700$ cm
für die kleinere Halbaxe desselben $b = 635607800$ cm

ferner

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

Zur Berechnung der Centrifugalkraft diente die Formel:

$$C = l\omega^2 = \frac{a \cos \varphi}{\sqrt{1 - \frac{a^2 - b^2}{a^2} \sin^2 \varphi}}\, \omega^2$$

wo $\omega^2 = 5{,}31751 \cdot 10^{-9}$

Tabelle

Wenn wir nun im Rahmen dieser Unter-
suchung die Möglichkeit zulassen, dass die ~~of~~ Anziehung ~~Körper verschiedener Art~~ von Körnern gleicher Masse ~~doch~~ aber verschiedener Beschaffenheit eine verschiedene sei, so sind die Grössen $G$ und $f$ und in Folge dessen auch $g$ und $\gamma$ als von dieser Beschaffenheit abhängig zu betrachten. Wir können dann auch nicht kurzweg von der Schwere reden, auch nicht von einer einzigen durch einen Punkt gelegten Niveaufläche ~~derselben~~, sondern müssen verschiedene Schweren und verschiedene Niveauflächen unterscheiden je nach der Art der ~~der~~ schweren Körper.

Dem entsprechend wären dann auch in der annähernden Darstellung der Schwereverhältnisse, an Stelle eines einzigen Bessel-schen Ellipsoids und einer einzigen Helmert'schen Formel viele solche Ellipsoide und viele solche Formeln zu setzen, welche den vielen verschiedenen Körpern entsprechen.

Am ~~besten~~ zweckmässigsten scheint es zu sein die Schwereverhältnisse einer Normal~~körpers~~ Substanz fest zu-stellen, und jene der anderen durch ihre Ab-weichungen ~~zu~~ von diesen zu kennzeichnen. ~~Als solcher Normalkör~~ Als solche Normal-substanz diene beispielsweise das Wasser, und so wollen wir auch die in der vorangehenden Tabelle enthaltenen Werthe als auf die Schwere des Wassers bezogene betrachten.

Von grösster Wichtigkeit für unsere Betrachtungen ist die dieser Auffassung entsprechende Verschie-denheit der Richtungen der Schwere ~~g~~ verschiedener Körper. ~~Die ... derselben ... ist ... verschiedenen~~ Sehen wir ~~Ist ... für ... Ist ...~~ für den einen Körper

$$\cancel{C \sin\varphi = G \sin\varepsilon} \quad C \sin\varphi = G \sin\varepsilon$$

und für einen anderen

$$C \sin\varphi' = G' \sin\varepsilon'$$

so können wir da die Richtungen der Anziehungs-kräfte $G$ und $G'$ die gleichen sind, also unserer Figur entsprechend:

$$\varphi = \psi + \varepsilon$$
$$\varphi' = \psi + \varepsilon'$$

~~[illegible]~~ den Winkel $\varepsilon$

$$\varepsilon' - \varepsilon = \varphi' - \varphi$$

bezeichnen, den die Richtungen der Schweren bilden.

In Anbetracht dass dieser Winkel gewiss sehr klein ist erhalten wir:

$$\varepsilon' - \varepsilon = \varphi' - \varphi$$

$$\cancel{\sin(\varepsilon'-\varepsilon) = \sin(\varphi'-\varphi)} = -\frac{G'-G}{\cancel{G}\cos\varepsilon\ [illegible]\cos\varphi} \sin\varepsilon \quad \ldots\ 4)$$

~~und wenn wir statt $\sin(\varepsilon'-\varepsilon)$ und~~ wo wir in Anbetracht dessen dass $\varepsilon$ ~~sehr kleiner nicht~~ kleiner als 6 Minuten ist statt $\sin\varepsilon$ auch $\varepsilon$ setzen können. Mit Berücksichtigung der Gleichung 1 wird dann:

$$\varepsilon' - \varepsilon = \varphi' - \varphi = -\frac{G'-G}{g} \sin\varepsilon$$

~~Setzen wir nun~~ Bezieht sich nun $G$ auf die Normalsubstanz (Wasser) und setzen wir

$$G' = G(1+\kappa)$$

dann folgt:

$$\varepsilon' - \varepsilon = \varphi' - \varphi = -\frac{G}{g}\kappa \sin\varepsilon \qquad 5)$$

~~Der Winkel~~

Hiermit erlangt die Grösse k die Bedeutung eines specifischen Attractionscoefficienten denn es ist

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

$$f' = f(1+k)$$

Die Pendelversuche Newton's ergaben eben dass k kleiner als $\frac{1}{1000}$, die Bessels dass k kleiner als $\frac{1}{60000}$, die von Eötvös dass ~~die~~ k kleiner als $\frac{1}{20000000}$ sei. *)

Überlegen wir nun ~~welche~~ in welcher weise sich eine solche Verschiedenheit der Schwererichtung verschiedener Körper fühlbar machen müsste. Vor allem drängt sich uns die Folgerung auf, dass ~~der~~ Lothsenkel aus verschiedenen Substanzen ~~ungleich gemischt~~ und Flüssigkeiten verschiedener Art in ihrem Ruhezustande verschiedene Richtungen der Verticale angeben würden. Das Loth wäre dann im allgemeinen ~~auch nicht~~ nicht normal auf die ruhende ~~Wasser~~ Flüssigkeitsfläche.

*) Zur Erleichterung unserer folgenden Betrachtungen werden wir ~~die~~ nach den Ablenkungswinkel η einführen, nach dem die Richtung der Schwere einer beliebigen Substanz mit jener der Normalsubstanz (Wasser) ~~?~~ einschliesst, also in der nördlichen Hemisphäre nach Norden. Da η = ε − ε' so schreiben wir η = ...

~~An Aten~~ Laut ~~der Vorangehend~~ den Angaben der vorangehenden Tabelle beträgt dieser Richtungsunterschied unter dem 45ten Breitengrade

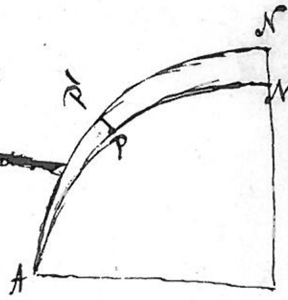
für $k = \frac{1}{1000}$ .... 0,357 Secunden

für $k = \frac{1}{60000}$ .... 0,00595 Secunden

für $k \frac{1}{20000000}$ 0,000018 Secunden.

~~Beobachtungen~~ ~~Beobachtungen zur~~ Directe Beobachtungen solcher eventuellen Richtungsunterschiede sind wohl nie ~~[illegible]~~ mit der Absicht ~~[illegible]~~ ~~beschäftigende Frage~~ angestellt worden die uns hier beschäftigende Frage zu lösen, doch ~~will~~ wollen wir die seinerzeit ein gewisses Aufsehen erregenden Versuche Guyots in Erinnerung bringen. Guyot beobachtete im Jahre 1836 im Pantheon zu Paris die ~~Spiegelbilder~~ von einer ruhenden Quecksilberfläche zurückgeworfenen Spiegelbilder von Marken, welche sich längs eines 57 Meter langen ruhenden Pendels angebracht waren ~~befanden~~, und fand dass dessen Ende um $4\frac{1}{2}$ Millimeter nach Süden abweichte von der Normalen der Flüssigkeitsfläche +) Die Berechtigung ~~des Lage~~ hieraus auf eine ~~Verschiedenheit~~ Abweichung ~~Richtung~~ der ~~Schwere~~ Schwerkraftsrichtung zu schliessen ~~wurde~~ stark bezweifelt. Verfasser selbst hatte Gelegenheit in einem Thurme von 22 Meter Höhe durch Aufhängen von Pendeln verschiedenen Materials ~~[illegible]~~ besonders verschiedenartiger ~~der~~ Aufhängefäden, zu überzeugen, dass deren Enden wohl ~~eine~~ Abweichung ~~z~~ anzeigen, ~~die~~ diese aber von dem Drucke der ungleich erwärmten und bewegten Luft herrühren.

Eine weitere Folge der von der materiellen Beschaffenheit abhängigen Schwererichtung wäre eine Ungleichheit der Schwerkrafts-Niveauflächen ~~[illegible]~~ verschiedener Substanzen.




Sei APN ~~in~~ (Fig. 2) ein Meridianquadrant der Niveaufläche ~~der~~ für die Normalsubstanz (Wasser), AP'N' derselbe für eine andere Substanz (~~[illegible] Platin~~) mit dem Anziehungscoefficienten K.

---

+) Guyot. Le pendule n'est pas perpendiculaire à la surface des liquides tranquilles. C. R. XXXII
Fortschritte der Physik VI.

Der Abstand ~~der ... ...~~ beider

durch denselben Punkte am Aequator gelegten Niveauflächen

läßt sich dann ohne Schwierigkeiten berechnen.

~~Bewegt sich ... die ...~~ Führen wir nämlich

die Masseneinheit der zweiten Substanz von A ausgehend längs der

Niveaufläche der Normalsubstanz nach P, dann

von P nach P' und längs der zweiten Niveaufläche

nach A zurück so ist die ganze auf diesem geschlossenen

Wege geleistete Arbeit = 0. Also

$$\int_0^{\varphi} g \cdot \eta \cdot ds + z g' = 0$$

~~da~~ wo ds ein Bogenelement der Meridianquadranten, z den nach abwärts positiven Abstand der Niveauflächen AP'N' bedeutet.

Benützen wir die Beziehungen 6) und 2), so folgt:

$$\int_0^{\varphi} \frac{g'}{g} \kappa C \sin\varphi \, ds = -g' z$$

~~Es wird hier wohl genügen mit grosser Annäherung für g~~. Um langwierige Rechnungen

~~und durch weitere Steigerung der Empfindlichkeit~~
Versuche wie die beschriebenen sollten mehrfach wiederholt werden um an Beweiskraft zu gewinnen, auch sollte ihre Genauigkeit möglichst gesteigert werden, was besonders durch eine derartige Dimensionirung des Apparates erreicht werden kann, ~~da~~ die uns von dem Einflusse der mit ξ proportionalen Glieder befreit. Die ~~Compensirenden Massen Gewichten~~ ~~Die~~ Compensstabmassen müssten in grösserer Entfernung vom Balken kommen.

Leider ~~hatten~~ fanden Verfasser hierzu keine Zeit.

Betrachten wir nun die Bedeutung des ~~erge-~~ ~~bnisses~~ bezüglich zu erreichten Resultats. Wir ~~be~~ glauben uns (der ~~mühselige~~ Mühe einer genauen Berechnung ~~einer~~ ~~de~~ dieser Grösse ~~auf Grundlage~~ unter der Voraussetzung einer der durchstrahlten Strecke proportionalen Absorption hier entziehen zu dürfen, handelt es sich ja doch nur um Feststellung eines ~~angenäherten~~ mini- ~~malwerthes~~ malen Grenzwerthes. Wohl sind wir aber berechtigt zu behaupten, dass die ~~an~~

~~die hier klein ist~~ zu vermeiden setzen wir mit hier noch sehr befriedigender Annäherung $g$ für $g'$ und

$$ds = r\,d\varphi$$

$$C = r\cos\varphi\,\omega^2$$

mit $r$ den mittleren Erdradius bezeichnend. Dann ist:

$$Z = -\frac{K}{2g} r^2 \omega^2 \sin^2\varphi$$

und für $\varphi = 90^\circ$ d. i. ~~am~~ an einem Pole der Erde

$$Z = -\frac{1}{2}\frac{K}{g} r^2 \omega^2$$

Setzen wir $r = 636\,740\,000$ C. und benützen die in der Tabelle enthaltenen Werte, so ergiebt sich als grösster ~~Erhebung~~ Abstand der Niveaufläche beliebiger Substanz von der des Wassers bei den Polen zu

$$Z = -1380250\ K.\ C.$$

es wäre demnach

für $K = \frac{1}{1000}$ $\qquad z = -1380$ C.

für $k = \frac{1}{60000}$ $\qquad z = -23\,C.$

für $k = \frac{1}{10000000}$ $\qquad z = -0{,}069\,C.$

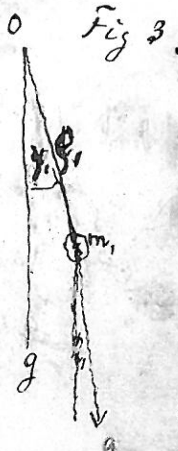
positiven Werten von k entspricht an den Polen eine Erhebung, negativen eine Senkung der Niveaufläche.

Man könnte da an eine derartige Secretion ~~irdischer~~ ~~der~~ irdischer Substanzen denken dass solche mit positiven k sich ~~an der~~ ~~in der Nähe der~~ um die ~~Aequator~~ Pole, solche mit negativen k dagegen ~~in~~ aequatorialen Gegenden sich anhäuften, doch sind die eine solche bewirkenden eventuellen gewiss Kräfte viel zu klein, die ~~dagegen~~ gegen die weichenden Widerstände aber viel zu gross um solche Ausscheidungen zu ermöglichen.

Überraschend ~~ist es~~ genug ist es schon dass so kleine Richtungsunterschiede ausreichend sind um mechanische Antriebe zu bewirken, welche wahrgenommen

und wie er Eötvös angegeben ~~mit~~ Hülfe der Dreh-
Waage auch gemessen werden könnten.

Besteht das Gehänge der Drehwaage aus ~~verschied~~ massen verschiedener Materials $m_1, m_2, m_3$ etc., so müsste ~~muss~~ in Folge unserer Betrachtungen die durch den Mendraht dargestellte Drehungsaxe von der Richtung der Schwere des Wassers um einen Winkel $\varepsilon$ nach ~~Norden~~ dem Pole abweichen der leicht zu berechnen ist. Betrachten wir nämlich die Gleichgewichtsbedingungen eines solchen Gehänges um eine West-Östlich gerichtete horizontale Axe $O$, ~~(O)~~ (Fig 3) so ~~wir~~ erhalten ~~wir~~ wir für das Drehungsmoment der Schwere eines homogenen Massentheilchen $m_1$ die Grösse:




$$- m_1 \varrho_1 g_1 \sin(\vartheta_1 - \eta_1)$$

und als Gleichgewichtsbedingung:

$$\sum m_k \varrho_k g_k \sin(\vartheta_k - \eta_k) = 0$$

wo $\varrho_k$ den Drehungshalbmesser des Schwerpunktes der Masse $m_k$ und $\vartheta_k$ den Winkel bedeutet den $\varrho_k$ mit der Richtung der Wasserschwere einschliesst, $g_k$ ist die Schwere der Masseneinheit von $m_k$ und $\eta_k$ die Abweichung ihrer Richtung von der der Wasserschwere.

Wir wollen nun unsere weiteren Rechnungen auf ein ~~Coord~~ rechtwinkeliges Coordinatensystem beziehen dessen ~~d~~ Z Achse mit der Drehungsachse (Messdraht) zusammenfällt und nach Unten gerichtet ist, während die X Achse nach Norden die Y Achse nach Osten gerichtet seien. Das aus den ~~L~~ vorher ~~hier~~ betrachteten Richtungsabweichungen entspringende Drehungsmoment der Schwere ist dann:

$$-\sum m_k g_k y_k (\eta_k - E) = -\sum m_k g_k y_k \eta_k + E \sum m_k g_k y_k$$

~~Ab... da~~ ~~da aber~~ Da aber in Folge des Gleichgewichtes um die X Achse

$$\sum m_k g_k y_k = 0$$

so beschränkt sich dieses Drehungsmoment auf das erste Glied:

$$= -\sum m_k g_k y_k \eta_k$$

~~Bei~~ An den ~~hier~~ Drehwaagen, welche hier benützt worden waren die verschiedenen Massen längs eines geraden Stabes angebracht. ~~wenig~~

Schon die rohesten Beobachtungen der Fluth-
erscheinung ~~zi~~ wiedersprechen eines solchen Annahme.
Wohl aber kann daran gedacht werden durch
~~genauere~~ Beobachtung der Fluthenerzeugenden Kräfte
~~Kräfte~~ ~~auch noch kleinere Werthe~~ den Werth von $\mu$ zu er-
mitteln ~~zu können~~, oder ~~einen~~ wenigstens
~~die unteren Grenzwerth dieser Größe~~ die untere Grenze
genauer zu bestimmen, die dieser Werth nicht über-
~~steigt~~ steigen kann.
Das Verhältniss der fluthenerzeugenden Kraft der Sonne
zu der des Mondes, ~~ist~~ ist nämlich entsprechend
den vorangehenden Betrachtungen:

$$\frac{Z}{Z'} = \frac{Z_0}{Z'_0}(1 + 11770\,\mu)$$

wo ~~wir~~ $\frac{Z_0}{Z'_0}$ jenen theoretischen Werth
dieses Verhältnisses darstellt, den wir unter
der Annahme $\mu = 0$ ~~ergiebt~~ erhalten.
Nehmen wir an, wozu wir wohl berechtigt sind,
dass die langjährigen Beobachtungen der Fluthenerscheinungen und ~~pu~~

wenn nicht zu mehr, doch wenigstens zur Behauptung berechtigen, dass die ~~..~~ Höhe der Sonnenfluthen jene der Mondfluthen nicht übersteigt, so haben wir hiermit auch den Beweis dafür geliefert dass die Anziehung der Sonne längs eines Erdhalbmessers weniger als ihren Zehntausendstel Theil einbüsst. Zu diesem Resultate gelangen wir mit Hülfe unserer letzten Formel indem wir in ihr $\frac{z}{z'} = 1$ und $\frac{z_0}{z_0'} = \frac{1}{2{,}2}$ setzen.

Genauere Resultate dieser Art sind wohl von Beobachtungen der Flutherzeugenden Kräfte selbst zu erwarten.

Solche stehen uns schon heute zur Verfügung. ~~Ich will nur~~ Vor uns liegt das vor Kurzem erschienene schöne Werk von O. Hecker „Beobachtungen an Horizontalpendeln etc." ~~an~~ (Veröffentlichung des K. Preuss. Geodätischen Institutes Neue Folge № 32. 1907.) reich an Beobachtungen, reich an ~~?~~ aus ihnen ~~gezogenen~~ abgeleiteten

Die Grösse dieses eventuellen Drehungsmomentes sei durch ein Beispiel erleuchtet.
Mögen an beiden Enden eines 40 c. langen ~~homogenen~~ Stabes zwei Massen ~~verschiedene Massen vom gleichen Gewicht 25 gram Masse u je 25 Gram~~ verschiedener Substanz ~~zwischen~~ von je 25 Grammen hängen. Unter dem 45 ten Breitegrade wo $Gsin\varepsilon = 1,7$, ist dann ~~würde dann~~ im Falle dass das $a$ Ende des Stabes nach Osten ~~Ze~~ weist

$$D = 25.20.1,7(K_b - K_a) = 850(K_b - K_a)$$

Wenn aber das $a$ Ende nach Westen zeigt

$$D' = -850(K_b - K_a)$$

also

$$D - D' = 1700(K_b - K_a)$$

Wäre $K_b - K_a = 10^{-6}$ so ergäbe sich

$$D - D' = 0,0017.$$

und dieses Drehungsmoment würde an einem ~~[illegible]~~ Drahte, dessen Torsionsconstante $= 0,5$, und dabei doch die geforderte Tragfähigkeit besitzen kann, ~~[illegible] Tragfähigkeit 0,5 beträgt~~ eine Drillung bewirken welche in der Entfernung von 1500 Skalentheilen abgelesen ~~eine~~ in Skalentheilen ausgedrückt

$$n - n' = \frac{0,0017}{0,5} 3000 = 10,2 \text{ Skalentheile}$$

~~hoch~~ (hoch) interessanten Schlussfolgerungen.

~~Die~~ Die Beobachtungen geschahen an zwei Horizontalpendeln, ihr ~~Haupt~~ Endresultat ist auf Seite 31 und Seite 32 der Abhandlung in folgenden Formeln zusammengestellt:

$$\text{Pendel I} \begin{cases} \text{berechnete Mondanziehung} : 0''00922 \cos(2t - 305°5) \\ \text{beobachtete Mondwelle} : 0''00622 \cos(2t - 285°4) \end{cases}$$

$$\text{Pendel II} \begin{cases} \text{berechnete Mondanziehung} : 0,''00900 \cos(2t - 48°7) \\ \text{beobachtete Mondwelle} : 0,''00543 \cos(2t - 63°2) \end{cases}$$

$$\text{Pendel I} \begin{cases} \text{berechnete Sonnenanziehung} : 0''00399 \cos(2t - 305°5) \\ \text{beobachtete Sonnenwelle} : 0''00244 \cos(2t - 273°6) \end{cases}$$

$$\text{Pendel II} \begin{cases} \text{berechnete Sonnenanziehung} : 0''00389 \cos(2t - 48°7) \\ \text{beobachtete Sonnenwelle} : 0''00585 \cos(2t - 48°3) \end{cases}$$

Wir wollen uns hier nicht näher mit der ~~[illegible]~~ befriedigenden Übereinstimmung der ~~[illegible]~~ beobachteten und berechneten Phasen beschäftigen, uns interessiert mehr das Verhältnis der Amplituden für Sonne und Mond, Diese Amplituden mit $A_s$ und $A_m$ bezeichnend erhalten wir

$$\vartheta = \frac{1}{2}\,\frac{K}{\tau}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right)\sin 2\alpha + \frac{K}{\tau}\,\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}\cos 2\alpha - \frac{M_a h l}{\tau}\,\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}\sin\alpha$$

$$+ \frac{M_a h l}{\tau}\,\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}\cos\alpha + \frac{1}{\tau}\left\{\Sigma m_b l_b \kappa_b - \Sigma m_a l_a \kappa_a\right\} G \sin\varepsilon \sin\alpha \quad \ldots \quad 8)$$

$\tau$ bedeutet hier die Torsionsconstante.

Bei der Feststellung dieser Gleichung 8) sind die auch mit Rücksicht auf das letzte Glied verschwindend kleinen Veränderungen vernachlässigt worden, welche die zweiten Differentialquotienten des Potentials $\underline{U}$ in Folge verschiedener Anziehung verschiedener Substanzen erleiden könnten.

~~Bemerken wollten will ich hier. Wir dürfen es nicht ausser~~ Wohl ist ~~hier~~ zu beachten dass die Grösse

$$\Sigma m_b l_b - \Sigma m_a l_a$$

hier nicht mehr strenge als ~~als~~ ~~strenge~~ gleich Null ~~ist~~ betrachtet werden darf, doch bleibt dieselbe von der Ordnung der Grösse

$$\Sigma m_b l_b \kappa_b - \Sigma m_a l_a \kappa_a$$

da für das Gleichgewicht um eine horizontale

Achse

$$\cancel{\sum m_b g_b - \sum m_a g_a}$$

$$\sum m_b l_b g_b - \sum m_a l_a g_a = 0$$

~~und~~ sein muss das Verhältniss $\frac{g_b}{g_a}$ nur um einen Bruchtheil $\frac{1}{k}$ ~~von der Einheit verschieden ist~~ der selben Ordnung ~~zu gross~~ ~~ist.~~ wie k ist.

~~Ist der Balken der D.~~ Für das Drehwagengehänge oben beschriebener Art ~~ist~~ können wir im Falle dass die Röhre an beiden Seiten gleich lang, homogen und überall von gleicher Stärke ist, setzen:

$$\sum m_b l_b k_b - \sum m_a l_a k_a = M_b l_b k_b - M_a l_a k_a$$

also mit Vernachlässigung der mit $\lambda k_b$ multiplicirten Glieder

$$\sum m_b l_b k_b - \sum m_a l_a k_a = M_a l_a (k_b - k_a) \quad \ldots \quad 8')$$

Die Gleichungen 8) ~~werden~~ und 8') uns später den Weg anweisen wie durch Elimination aller anderen Unbekannten die Grössen $(k_b - k_a)$ ~~durch~~ mit Hülfe von Beobachtungen bestimmt werden können und so die Frage gelöst werden kann ob ihr ~~gefunden, oder nachgewiesen werden kann, dass~~ Werth die Grenze der Messbaren erreicht. ~~dieselbe unter dem Werthe der Messbaren bleibt.~~

Vorsch.

~~indessen in der vorkommenden Unbekannten die Frage gelöst werden kann ob die Beobachtungen einen noch messbaren Werth von~~ ... ergeben.

Versuche nach der Methode von Eötvös geben uns aber nur Aufklärung über die Anziehung eines einzigen Körpers nämlich die Erde ~~der~~. Gewiss ist es von Interesse zu untersuchen ob nicht auch die Anziehungen von Sonne und Mond, ~~den Anziehungen~~ die ja in der ~~Erscheinung~~ Fluterscheinungen und in den Richtungsänderungen des Lothes thatsächlich fühlbar werden, mit zur Aufklärung unserer Frage beitragen ~~geben~~ könnten? In kurzer annähernden Behandlung des so complicierten ~~Es scheint sogar~~ ~~die Kraft~~, Flutphänomens wollen wir hierauf Antwort geben. ~~welche die diese Erscheinungen bewirkt~~

Die sogenannte Fluterzeugende Kraft können wir aus zwei Componenten zusammensetzen:

Eine dieser Componenten ist die Anziehung welche Sonne oder Mond auf ein Massentheilchen auf Erden ausübt, ~~welche~~ ~~der~~ ihre Grösse bezogen auf die Masseneinheit wird unter ~~bei~~ ~~der~~ Annahme eines barycentrischen Anziehenden Körpers: ~~gesetzt~~

$$= f \frac{M}{\rho^2}$$

~~die~~ ~~eine~~ wo M die Masse ~~[illegible]~~ von Sonne oder Mond, $\rho$ die Entfernung von ihrem Anziehungscentrum bedeutet. Diese Kraft welche ~~[illegible]~~ für verschiedene Massentheile der Erde ~~[illegible]~~ ~~ist~~ schon wegen ihrer ~~der~~ verschiedenen Lage ungleich gross und ungleich gerichtet ist, wollen wir hier auch noch als von der ~~[illegible]~~ substanziellen Beschaffenheit ihres vom [illegible] abhängig betrachten.

Die zweite hier mitwirkende Kraftcomponente ist die der Trägheit entsprechenden Centrifugalkraft jener kreisenden Bewegung welche die Erde um den Trägheitsmittelpunkt ~~der~~ der Sonne und der Erde, resp. des Mondes und der Erde beschreibt. Diese ist für jedes Theilchen der ~~sich~~ von ihrer Achsendrehung ~~drehenden Erde gleiche Kräfte beschreibt~~ befreiten Erde gleich gross und gleich gerichtet, wir wollen sie ~~mit C~~ auf die Masseneinheit bezogen mit C bezeichnen.

Da die auf die ganze Erde ausgeübte Anziehung und die Centrifugalkraft ihrer ganzen Masse gleich gross sein müssen, so sehen wir:

$$C = f_0 \frac{M}{\delta^2}$$

wo $\delta$ die Entfernung des Trägheitsmittelpunktes der Erde vom gemeinschaftlichen Trägheitsmittelpunkte von Sonne und Erde resp. von Mond und Erde bedeutet. Das Zeichen $f_0$ bezeichnet hier einen Mittelwerth der für verschiedene Substanzen der Erde eventuell verschiedenen Werthe von $f$.

Diesen Betrachtungen entsprechend und unter Annahme einer kugelförmigen Erde erhalten wir dann als Componenten der auf ein irdisches Coordinatensystem bezogenen Kräfte:

(Fig 5)

eine nach Oben gerichtete verticale Kraft (+):

$$-Z = f\frac{M}{r^2}\cos\delta - C\cos\delta + fM\frac{a}{D^3}(2\cos^2\delta - \sin^2\delta)$$

und eine ~~zweite~~ horizontale Kraft ~~H, welche nach jenem Punkte des Horizontes gerichtet ist der unter der Sonne oder dem Monde liegt~~:

$$\underset{+}{H} = f\frac{M}{r^2}\sin\delta - C\sin\delta + \frac{3}{2}fM\frac{a}{D^3}\sin 2\delta$$

Die hier angeführte annähernde Berechnung durch eine vollständigere zu ersetzen, würde den Rahmen dieser Abhandlung übersteigen ~~und auch überflüssig sein~~. Setzen wir

$$f = f_0(1+k)$$

so wird:

$$-Z = kf_0\frac{M}{r^2}\cos\delta + fM\frac{a}{D^3}(2\cos^2\delta - \sin^2\delta) \quad \dots \quad 9)$$

und

$$H = kf_0\frac{M}{r^2}\sin\delta + \frac{3}{2}fM\frac{a}{D^3}\sin 2\delta \quad \dots \quad 10)$$

Wenn $k=0$, so sind dies die gewöhnlichen die Fluth erzeugenden Kräfte darstellenden Kraftcomponenten. (Siehe z. B. Thomson-Tait, Handbuch der Theor. Physik I Bd. §812).


Fig 5

+ In diesen Gleichungen bedeutet $\delta$ die Zenithdistanz von Sonne oder Mond, $a$ den mittleren Halbmesser der Erde, $H$ ist nach jenem Punkte des Horizontes gerichtet, in dem die Verticalebene von Sonne oder Mond den Horizont schneidet und für welchen $\delta = +\frac{\pi}{2}$.

Wenn aber K von Null verschieden wäre, so müsste ~~bedingen~~ neben der ~~durch~~ von den zweiten Gliedern unserer Gleichungen ~~entsprechenden~~ bedingten ~~diese Gleichungen die Modification der~~ Fluth- halbtägigen Fluth erscheinung, ~~durch~~ auch eine solche von der Periode eines ganzen Tages eintreten die ~~welche~~ dem ersten Gliedern ~~entsprechen~~ entspreche.

Wenn $\delta = 0$ so wird

$$-Z = K f_0 \frac{M}{\delta^2} + 2f\frac{M}{\delta^2}\frac{a}{\delta} \quad (X$$

~~Wenn ersichtlich, dass der Verhältniss jener Kräfte welche~~ ~~Das Verhältniss der mit K proportionalen flutherzeugenden Kraft~~, Das Verhältniss des ersten Gliedes zum zweiten ist dann $K : 2\frac{a}{\delta}$, ~~berücksichtigen wir~~ berücksichtigen wir also dass für Erde und Sonne $\frac{a}{\delta} = \frac{1}{23600}$ und für Erde und Mond $\frac{a}{\delta} = \frac{1}{60,27}$ gesetzt werden kann, so folgt, dass $K = \frac{1}{11800}$ sein müsste um die der Sonne entsprechende Fluth ~~sollte~~ einmal zu verdoppeln, dann nach halben Tage ganz zu vernichten, und nicht kleiner als $\frac{1}{30}$ sein ~~müsste~~ dürfte um die gleiche Wirkung gegen die halbtägige Mondfluth erzielen zu können.

(X) und wenn $\delta = \pi$

$$-Z = -K f_0 \frac{M}{\delta^2} + 2f\frac{M}{\delta^2}\frac{a}{\delta}$$

Nehmen wir an dass die Kraft $Z$ bis zu etwa ~~einem Hundertstel~~ $\frac{1}{100}$ seiner Grösse aus den Fluthserscheinungen bestimmt werden könnte, ~~so könnte~~ so würde (die demnächst Beobachtung der Sonnenflecken noch zur Erkenntniss von Werthen des ~~[illegible]~~ Coefficienten $K$ führen welche grösser als ~~ein Milliontel~~ $1.10^{-6}$ ~~sind~~ d.i. ~~ein~~ der Millionte Teile der Einheit sind. +))

Besser lassen sich die Gleichungen 9) und 10) für Beobachtungen mit ~~bei Benutzung~~ der Drehwaage verwerthen. Stellen wir nämlich eine Drehwaage ~~solche~~ von der früher beschriebenen Art so auf dass ~~ihr~~ das Azimuth des Stabes $\alpha = 0$ ist, ~~d.i.~~ ~~der Stab~~ also die Stabsachse im Meridiane liege und ihr Ende a nach Norden zeige, so wirken auf dieselbe zwei grössere Drehungsmomente. Das eine ~~[illegible]~~ rührt von der Erdschwere her und bewirkt eine ~~[illegible]~~ zeitlich unveränderliche Drillung $\delta_0$ des Drahtes, das zweite entspricht der von der Zeit abhängigen Kraft $\mathfrak{U}$, deren Grösse durch die Gleichung 10 gegeben ist.

+)) ~~Ein~~ Eine so genaue Beobachtung einer eventuellen der Sonnenanziehung entsprungenden 24stündigen Fluthwelle ist aber schon darum kaum denkbar, weil dieselbe von der ~~[illegible]~~ in gleicher Periode wiederkehrenden Wirkungen der Sonnenstrahlung schwer zu trennen ist.

Wenn A ~~die Declination der Sonne oder des Mondes~~ das Azimuth der Sonne oder des Mondes bedeutet, ~~bedeutet~~ so ist die auf die Stabsachse normale Componente der Kraft H gleich $-H \sin A$, und wir erhalten für die Drillung des Messdrahtes:

~~H mit der Nordrichtung (der Vertikale) einschliesst~~

$$\vartheta = \vartheta_0 - \frac{1}{\tau f_0}\frac{M}{D^2}\left\{\Sigma m_a l_a k_a - \Sigma m_b l_b k_b\right\}\sin\vartheta \sin A$$
$$- \frac{3}{2\tau f_0}\frac{M}{D^2}\cdot\frac{a}{D}\left\{\Sigma m_a l_a^2 - \Sigma m_b l_b^2\right\}\sin 2\vartheta \sin A$$
$$- \frac{3}{2\tau f_0}\frac{M}{D^2}\cdot\frac{a}{D}\left\{\Sigma m_a l_a k_a - \Sigma m_b l_b k_b\right\}\sin 2\vartheta \sin A \quad \ldots\ldots 11)$$

Das letzte Glied ~~dieses~~ des zur rechten Seite dieser Gleichung stehenden Ausdruckes kann wegen des Factors $\frac{a}{D}$ vernachlässigt werden, ebenso auch das vorangehende Glied weil

$$\Sigma m_a l_a = \Sigma m_b l_b \ldots$$

~~oder~~ von derselben Grössenordnung ist wie $\left\{\Sigma m_a l_a k_a - \Sigma m_b l_b k_b\right\}$, so dass ~~die~~ näherungsweise die Formel benutzt werden darf:

$$\vartheta = \vartheta_0 - \frac{1}{\tau f_0}\frac{M}{D^2}\left\{\Sigma m_a l_a k_a - \Sigma m_b l_b k_b\right\}\sin\vartheta \sin A \quad \ldots 12)$$

An einem Beispiele können wir uns nun über die Grösse und Messbarkeit dieser Drillung Aufklärung verschaffen.

Benützen wir das im vorangehenden Beispiele beschriebene Instrument, für welches

$$\Sigma m_a l_a k_a - \Sigma m_b l_b k_b = M_a l_a (k_a - k_b)$$

gesetzt werden kann und $M_a = 25$ Gr., $l_a = 20$ C, $\tau = 0{,}5$ ist.

~~Als Werthe der Anziehungen benützen wir~~
~~Für die Anziehung der Sonne setzen wir~~

Es sei ferner:

für die Sonne: $f_0 \frac{M}{D^2} = 0{,}586$

für den Mond: $f_0 \frac{M}{D^2} = 0{,}00332$

Dann erhalten wir die der Sonnenanziehung entsprechende Drillung:

$$\vartheta = \vartheta_0 - 586(k_a - k_b) \text{ und } \vartheta \text{ in } \mathring{A}$$

die der Mondanziehung entsprechende:

$$\vartheta = \vartheta_0 - 3{,}32(k_a - k_b) \text{ und in } \mathring{A}$$

~~Der letztere~~ wir wollen ~~uns~~ hauptsächlich nur mit der

$$\delta - \delta' = 586\,(K_a - K_b)(\sin A' - \sin A)$$

und ~~wenn [illegible]~~ ~~sind $\Sigma$ und $\Sigma'$~~ = für den Fall dass

$$\sin A' - \sin A = 2$$

~~ist~~, wie ~~es~~ dies zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche annähernd zutrifft

~~entsprechend der Fall ist~~, ~~und stellt $\delta-\delta'$ den~~

~~entsprechenden Werth in Skalentheilen für eine~~

~~Skala in der Entfernung bei einer Entfernung von~~

~~1500 Skalentheilen~~

$$\delta - \delta' = 1172\,(K_a - K_b)$$

oder in Theilen einer Skala ~~bei~~ in der Entfernung

von 1500 Skalentheilen

$$n - n' = 3516000\,(K_a - K_b)$$

Für $(K_a - K_b) = 10^{-6}$ würde sich daher eine

Elongation von

$$n - n' = 3{,}5$$

ergeben.

Die Empfindlichkeit ~~einer [illegible]~~ ~~dieser Methode~~

einer auf diese Betrachtungen gegründeten

Beobachtungsverfahrens ist aber etwa nur ein Drittel der von Eötvös angegebenen, solange nämlich dasselbe Instrument benützt wird. Trotz ~~dieses~~ dem ~~bietet~~ verspricht dieses neue ~~der~~ Verfahren manche Vortheile, da es sich auf Beobachtungen ~~und~~ an einem stabilen ~~ruhenden~~ Instrumente stützt, und somit ein solches von viel grösserer Empfindlichkeit benützt werden kann. Der Eötvös-sche Gravitationscompensator+) erlaubt ja, ~~die Empfindlichkeit~~ bei Ausschluss störender Einflüsse, die Empfindlichkeit solcher stabiler Drehwaagen bis zu einer beliebigen Grenze zu steigern.

Beide Verfahren ergänzen sich übrigens in der Weise, dass ~~die erste~~ das erste über die Anziehung der Erde, das zweite über die Anziehung der Sonne ~~Aufschluss~~ den gewünschten Aufschluss ertheilt.

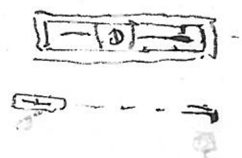
+) Eötvös. Untersuchungen über Grav.- u. Erdmagn. Wiedemann's Annalen Bd. 59 S. 392

## 3) Näheres über die Ausführung ~~von~~ von Beobachtungen ~~Beobachtungen mit~~ nach der von Eötvös angegebenen Methode.

Benützt wurden zwei Instrumente derselben Art wie sie Eötvös ~~zu~~ bei seinen Untersuchungen localer Schwerevariationen benützt und im ~~in~~ I. Bande der Abhandlungen der XVten Allgemeinen Konferenz der Erdmessung (1906) beschrieben hat. Es sind dies Drehwaagen von grosser Empfindlichkeit, ~~dem~~ welche um eine verticale Achse drehbar, also für die hier behandelten Untersuchungen eben geeignet sind. Fig. 6 stellt das eine ~~Instrument im Querschnitte~~ ~~das~~ von Eötvös ~~[illegible]~~ „das einfache Schwerevariometer" genannte Instrument im verticalen, Fig. 7 im horizontalen Querschnitte dar.

Fig. 6

Fig 7



Das ~~[illegible]~~ Gehäuse ~~[illegible]~~ ist aus einem 3 mm. starken Messingblech und aus gleichstarken Messingröhren hergestellt, welche das Gehänge zweifach, im unteren ~~Gefäs~~ herabhängenden Theile sogar dreifach umschliessen. Dieses Gehäuse ist um eine vertical stellbare Achse drehbar und auf festem Gestelle aufgesetzt wobei zur ~~Bestimmung~~ ~~Feststellung~~ Bestimmung der Grösse ihrer Drehung ein in Drittelgrade getheilter mit ~~Nonius~~ bis zur Genauigkeit einer Minute ablesbarer Kreis dient.

Das Gehänge besteht aus einer dünnwandigen Messingröhre von circa 40 Cm Länge und ~~circa~~ 0,5 Cm Durchmesser; in diese ist an einem Ende (b) ein Platincylinder von circa 30 gr. Gewicht hineingeschoben, während am anderen Ende (a) die ~~zu~~ zu untersuchenden ~~diesen Untersuchungen dienenden~~ verschiedenen Körper auf dünnen Drahte aufgehängt werden. ~~Hiel~~ Hierbei muss das ~~Gewicht die~~ Gewicht dieser Körpers stets so ~~gr~~ ~~ein~~ ausgeglichen werden, dass ~~dieselbe~~ es den am anderen Ende constant belasteten ~~Balken in~~ ~~dieselbe die~~ stets in dieselbe horizontale Lage bringe. Die Aufhängung geschah derart dass der Trägheitsmittelpunkt dieses Körpers um ungefähr ~~um~~ 21 Centimeter unter die Balkenachse zu liegen komme. Diese Länge h musste besonders bei einem Theile der Versuche genauer bekannt sein, ~~und~~ zu welchem Zwecke nebst dem Kathetometer ~~noch~~ auch noch eine zweckentsprechend ~~ein~~ eingerichtete Waage ~~diente~~ benützt wurde. ~~An dieser~~ Mit Hülfe dieser ~~dieser~~ ~~wurde~~ konnte die Lage des Schwerpunktes in dem untersuchten, ~~und~~ nicht immer ~~homogen~~ aus ~~gl~~ einem einzigen Materiale bestehenden Körper durch die Veränderung bestimmt werden, welche ihre ~~die~~ Empfindlichkeit ~~derselben~~ dann erlitt, wenn der Körper am Waagebalken befestigt wurde. Die erreichte Genauigkeit war ~~immer~~ für h etwa $\frac{1}{10}$ millimeter, was mehr als ausreichend ist.

Um die Lage ~~Zur Bestimmung der Drehung~~ des Waagebalkens bestimmen zu können wurde derselbe mit einem Spiegel versehen ~~daran befestigt~~ und in der Entfernung von circa 60 centimeter ~~drehbaren Schäfte fest verbunden~~ eine in halb-millimetern getheilte Skale mit dem Drehwaagegehäuse fest verbunden angebracht. Die Ablesung geschah mit gebrochenem Fernrohre, ~~und~~ um ~~den Apparat~~ das Instrument in möglichst kleinem

Raume aufstellen und beobachten zu können.
Zur Aufhängung des ganzen etwa 80 gramm schweren Gehänges, also als <u>Messdrähte</u> benützten wir solche aus Platiniridium von 0,04 m.m. Durchmesser und circa 60 C. Länge. Die Drähte wurden bei einer Belastung von 80 gr. langsam bis über 100° C. erwärmt und wieder abgekühlt und erlangten nach mehr~~fachem~~maligem Wiederholen dieser Procedur ~~und~~ nach dem Verlaufe von einigen Monaten eine nahezu vollkommene Constanz ihrer Gleichgewichtslage, ~~wie die kaum besser besser gewünscht werden könnte~~. Selbst die heftigen Erschütterungen, welche bei der ~~excentrischen~~ Umdrehung des Instrumentes namentlich bei excentrischer Lage der Aufhängedrähte ~~eintreten~~ verursachen ~~erzeugen~~ ~~bringen~~ im Allgemeinen keine bemerkbaren, ~~und~~ nur in wenigen Fällen ~~sie~~ sehr kleine Verrückungen dieser Gleichgewichtslage.
Versuche, die wir mit Quarzfäden anstellten, ergaben bei weitem nicht so günstige Resultate.

~~Ein, wie es scheint,~~ ~~Die Verwendung von Metalldrähten~~ Die Gleichgewichtslage belasteter Metalldrähte ist aber von der Temperatur abhängig. Es ist dies die Folge der remanenten Drillung mit welcher sie die Öse verlassen, also für jedes Drahtstück verschieden. Diese Abhängigkeit ist eine sehr complicirte, die Verrückung der Gleichgewichtslage ist nämlich nicht allein von der Temperaturänderung sondern auch von ihrem zeitlichen Verlaufe abhängig. Bei so kleinen und langsamen Temperaturänderungen aber, wie jene bei welchen die hier behandelten Beobachtungen angestellt wurden, wo sie ~~dieselben~~ im Verlaufe ~~Laufe~~ eines Tages einige Zehntel Grade nicht übersteigen, ~~[illegible]~~ kann diese Verschiebung der Gleichgewichtslage mit Hülfe eines für jeden Draht individuellen Temperaturcoefficienten befriedigend dargestellt werden. Für den Draht des ~~des~~ von uns benützten einfachen Schwerevariometers, ~~[illegible]~~ ist dieser Coefficient $\frac{dn}{dt} = 0{,}4$, wenn ~~n~~ die ~~[illegible]~~ Skalenablesung der Gleichgewichtslage, $t$ die Temperatur (Celsius) bedeutet, für die Drähte des zweiten benützten Instrumentes ist ~~die~~ dieselbe noch viel kleiner.

Dieses zweite ~~von uns be~~ Instrument ~~bes~~ war ein doppelter Schwerevariometer so benannt von Eötvös, weil ~~da~~ es aus zweien parallel nebeneinander verbundenen ~~einfachen~~ ~~Schwere~~ ~~einfachen Schwerevariometern~~ ~~Drehwagen besteht~~ ~~Drehwagen besteht, welche~~ ~~Drehwagen~~ Drehwagen besteht, die auf gemeinsamen Gestelle um dieselbe Achse gedreht werden können. Diese zwei einzelnen Drehwagen sind von derselben Art wie die des einfachen Schwerevariometers, ihre Balken sind nahezu parallel aber ~~einander entgegengesetzt~~ so gerichtet, dass die ~~anderen~~ hängenden Gewichte (Ma) an ihren entgegengesetzten Enden ~~angebracht~~ liegen. Wenn also das hängende Gewicht des einen Balkens nach Norden gerichtet ist, zeigt ~~das hängende~~ das hängende Gewicht des anderen Balkens nach Süden u.s.w.

Soweit folgten wir den Anweisungen von Eötvös,
~~Dann benutzten wir aber an unseren Instrumenten~~
~~eine~~ im Verlaufe der Beobachtungen ~~eine~~ ist es
uns aber gelungen durch ein einfaches Mittel,
die Instrumente um Vieles leistungsfähiger zu
machen. Da ~~nämlich~~ ~~die bei einem~~ ~~nach dem von uns befolgten nach~~ nach unserem Beobachtungsverfahren
die Gleichgewichtslage des Balkens im ~~einem~~ Gleich-
~~ab~~ ~~abgelesen war bei~~ abgelesen wird ~~Balken~~
gewichte selbst also dann ~~[illegible]~~, wenn ~~[illegible]~~
schon Ruhe eingetreten ist ~~kaum~~, ~~erfordert~~ so erfordert die Bestimmung
je einer ~~Gleichgew~~ durch Drehung bewirkten
neuen Gleichgewichtslage einen Zeitaufwand welcher
von dem der Balkenbewegung entgegen wirkenden
Wiederstande abhängig ist. ~~Der~~ Das Zeitintervall ~~dauer~~ zwischen
den Ablesungen zweier aufeinander folgenden ~~Gl~~-
~~Gl~~ Einstellungen ~~be~~ konnte so ~~bei~~ ~~am Anfang~~ ursprünglich ~~nur~~
nicht kleiner als zu zwei, in manchen Fällen gar nicht kleiner als
zu drei Stunden festgesetzt werden. Einfache Rechnungen,
deren Ausführung ~~nicht hierhergehört~~ hier kaum
am Platze wäre, zeigten uns aber dass dieses

Zeitintervall unversichtlich auf eine Stunde reducirt werden ~~könne~~ kann, wenn der ~~W.~~ gegen die Bewegung des Balkens wirkende Widerstand nahezu gleich ~~jenem~~ ~~gemacht wird, der~~ dem kleinsten Widerstande gemacht wird, welcher die Bewegung zu einer aperiodischen gestaltet. Diese erwünschte Vergrösserung des Widerstandes wurde ~~[illegible]~~ durch das Einlegen von Messingplatten entsprechender Dicke am Boden ~~der~~, und an den ~~[illegible]~~ Decken der inneren Gehäuse erzielt. Die innere Lichte dieser Gehäuse wurde so auf etwa 9 m.m. reducirt.

~~Es~~ ~~[illegible]~~ Nachdem wir diese Platten angebracht hatten, konnten wir dann ~~[illegible]~~ in gleicher Zeit zwei-, dreimal soviel verrichten als vorher.

Beobachtungen mit so heiklichen Instrumenten ~~sollten~~ in Erschütterungsfreien Localen ausgeführt werden die auch von Temperaturänderungen

und ~~da~~ namentlich den Wirkungen einseitiger
Bestrahlung möglichst geschützt sind. Kellerlocale
ohne Fensteröffnungen würden dieser Bedingung
am besten entsprechen. Leider standen uns keine
solchen zu Gebote. Die Zeit drängte und so
mussten wir uns mit einem ~~Zimmer~~ Beobachtungslocale begnügen,
welches im ersten Flure des uns zu Gebote
stehenden Laboratoriums lag und zwei nach Süden
gerichtete Fenster hatte. Gegenüber stehende höhere
Gebäude ~~hatten~~ warfen aber ~~die Sonne~~ auf diese Fenster
während dem grösseren Theile des Tages ~~..~~ ihren Schatten,
auch wurden sie durch Rollvorhänge versperrt schlossen
und so das Zimmer stets finster gehalten. Zum
vollständigeren Schutze wurde noch ~~für~~ in ~~diesem~~ dem Zimmerraume für jedes ~~Apparat~~
Instrument ~~u~~ ein eigenes Häuschen erbaut ~~deren~~ dessen
Wände ~~aus~~ je zwei ~~aufgespannten~~ in Rahmen
aufgespannten starken Leinwandstücken bestehen, die ~~und~~ im Zwischen-

räume mit feinen Sägespänen gefüllt, und gesteppten Bettdecken ähnlich abgenäht ~~waren~~ sind. ~~Vor Erschütterungen war der Local anfangs~~ ~~an in Anfang der Beobachtung~~ ~~Am Anfange unserer Beobachtungen hatten wir nicht~~ Da der ~~Gebäude~~ Raum in dem wir beobachteten abseits vom Strassenverkehre lag, hatten wir im Anfange keine ~~[illegible]~~ Ursache ~~zu~~ wegen stärkerer Erschütterungen ~~zu beängstigen~~ besorgt zu sein, ~~doch wurde diese Beruhigung [illegible]~~ leider verschlimmerten sich aber die Verhältnisse durch einen Neubau ~~[illegible]~~ der in unmittelbarer Nähe während der Beobachtungen in Angriff genommen wurde. Wohl zeigen die Beobachtungsresultate keine ~~merklichen~~ bedeutenderen Einflüsse dieser Störungen, doch sind wir dessen wohl bewusst, dass die Beobachtungen die wir hier mittheilen nicht unter den günstigsten Verhältnissen ausgeführt ~~sind~~ und auch nicht die besten sind die wir mit unseren Instrumenten erreichen zu können glauben. Doch: „Ars longa, vita brevis," – wir müssen uns begnügen, einen Schritt nach vorwärts gethan zu haben.

Die Betrachtungen ~~die wir~~ des vorangehenden Abschnittes, welche als theoretische Grundlage der auszuführenden Versuche dienen sollen, setzen voraus, dass das Drehwaagengehänge keinen anderen Einwirkungen unterworfen sei als ~~einerseits~~ jenen der Trägheit und der ~~Massenanziehung~~ ~~gravität gegen~~ ~~Anziehung~~ ~~zu~~ gravitationellen Anziehung ausser der Drehwaage gelegener Massen, ~~anderseits~~ einerseits, ~~und~~ der Torsion entgegenwirkenden elastischen Kraft des Drahtes andererseits.
~~Wir wollen alle Naturkräfte kennen, und~~
Ein solch vollkommenes Ausschliessen aller anderen Wirkungen, ~~welcher~~ dem die Kenntnis der gesammten Naturkräfte vorangehen müsste

ist wohl ~~für~~ dem Menschen unerreichbar, doch sollen wenigstens ~~die Störungen jene~~ jene störenden Einwirkungen nach Möglichkeit vermieden werden, die ~~von denen wir~~ ~~wir~~ uns bis zu einem gewissen Grade ~~kennen~~ bekannt sind. ~~Die hauptsächlichsten dieser Einwirkungen~~ ~~und die bei~~ Die hauptsächlichsten dieser Einwirkungen wollen wir der Reihe nach anführen, und ~~die~~ auch ~~kurz~~ kurz ~~[illegible]~~ angeben ~~wodurch diese~~ wie ~~sie~~ wir sie für unsere Beobachtungen unschädlich machen.

~~Ein~~ <u>Magnetische Kräfte</u>, insbesondere die erdmagnetische Kraft, ~~[illegible]~~ müssen sich fühlbar machen wenn das Gehänge remanent magnetische Theile enthält. Ein Theilchen ~~mit nicht geringem~~ ~~mit~~ von nur $\frac{1}{1000}$ C.G.S. magnetischen Momente, wie etwa ein Splitter eines guten Stahlmagnetes von nicht mehr ~~als~~ als $\frac{1}{50}$ Milligramm Gewicht ~~bewirkte~~ könnte beim Umdrehen der Drehwage ~~Störungen verursachen~~ Störende Verschiebungen ~~wohl~~ ~~Verschiebungen~~ von 2 ganzen Skalentheilen ~~erreichten~~ entsp. verursachen. Durch sorgfältige Wahl der Stücke aus denen das Gehänge ~~gebildet~~ zusammengefügt wird ist es wohl möglich ein solches Gehänge zu erhalten welches trotz dieser grossen Empfindlichkeit als unmagnetisch gelten kann, doch muss namentlich bei unseren Versuchen, wo die hängenden Theile wiederholt durch neue vertauscht wurden, diesem Übelstande auch noch auf andere Weise vorgebeugt werden. Wir compensirten deshalb die horizontale Componente der erdmagnetischen Kraft derart, dass im Raume jedes Instrumentes H nahezu gleich null gemacht wurde, wozu permanente Magnete und Elektromagnete dienten. Diese compensirenden Magnete mussten aber in grösserer Entfernung (etwa 1,4 meter) und so aufgestellt werden, dass sie auch keine merkbaren translatorischen Kräfte ausüben auf jenen inducirten temporären Magnetismus des Gehänges den hauptsächlich die Verticalcomponente der erdmagnetischen Kraft erzeugt. Bei so weit gehender Kenntnis der Kraft, wie die der magnetischen Kraft, war es ein leichtes ihre Störungen zu vermeiden.

Dasselbe können wir behaupten auch bezüglich der elektrostatischen Wirkungen äusserer Körper, Schwankungen deren Einfluss auf unsere Waage durch die dreifache Metallhülle des Gehäuses als vollständig aufgehoben betrachtet werden darf.

Zu berücksichtigen haben wir dagegen ~~aber~~ die Elektrostatischen Kräfte zwischen dem Gehänge, und dem ihn umschliessenden Gehäuse die ja nicht aus gleichem Materiale bestehen. Wenn die Oberfläche der ~~Gehäuses~~ einzelnen Theile des Gehänges und die umgebenden Wände des Gehäuses verschiedene elektrische Ladungen besitzen, so entstehen elektrostatische Kräfte, die in ~~der~~ einer symmetrischen Mittelstellung wohl gleich Null sein können, aber ~~bei in~~ bei jeder Abweichung von ~~dieser Stellung~~ einer solchen fühlbar werden. Diese Kräfte müssen sich demnach besonders in der Weise ~~fühlbar machen~~ zu erkennen geben, dass sie die Empfindlichkeit des Instrumentes ~~beein~~ beeinflussen ~~[illegible]~~ also bedingen dass das gegen die Schwerkräfte wirkende Drehungsmoment ~~statt~~ $\tau\vartheta$, ein ~~[illegible]~~ anderes $\tau'\vartheta$ wird.

Um ~~das~~ dieser verschiedenen elektrischen Ladung verschiedenartiger Oberflächentheile ~~Theile~~ vorzubeugen ~~zu überzogen wir sie mit~~ ~~trachten~~ ~~überzogen~~ versahen wir sie alle mit dünnem gleichmässigem Russ-Überzuge, zu dessen Wahl uns weiter anzuführende Gründe veranlassten.

Auch haben wir ein Beobachtungsverfahren ~~[illegible]~~ ersonnen, dessen Resultate ~~[illegible]~~ von kleinen ~~Constanten~~ Verschiedenheiten der Grösse T' unbeeinflusst bleiben.

Die directen Einwirkungen der Bestrahlung ~~[illegible]~~ durch äussere Körper sind uns nicht zur Genüge bekannt. Die mehrfache Metallwand des Gehäuses dient aber dazu den Einfluss dieser unbekannten auf ein Minimum zu reducieren. Auch die Dimensionen ~~[illegible]~~ der benützten Apparate sind dementsprechend gewählt, und die Benützung kleinerer und leichterer Gehänge vermieden da wir ja trachten müssen dass die zu messende mit der Masse proportionale Kraft möglichst gross sei im Verhältnisse ~~[illegible]~~ zu den mit der Oberfläche proportionalen eventuellen Kräften. Diese Störungen sind bei Benützung ~~[illegible]~~

Instrumente gewiss sehr klein, und bis heute in den Zufälligkeiten verborgen, die als Fehler jeder Beobachtungsreihe anhaften.

Wirkungen die von dem Temperaturunterschiede verschiedener Theile des Gehäuses und des Gehänges herrühren. Die äusseren Temperaturänderungen in deren Gefolge ~~welche~~ dem Instrumente durch Strahlung und Leitung Wärme zugeführt und ihr abgenommen wird bewirken eine Ungleichheit in der ~~ungleiche~~ Temperatur seiner Theile und ~~in~~ der eingeschlossenen Luft. Die mehrfache Metallhülle des Gehäuses dient dazu diese Ungleichheit möglichst klein zu machen, das gleiche bezweckt auch der Russüberzug sämmtlicher innern Theile von dem früher Erwähnung geschah. Wenn wir annehmen dass hierdurch eine Temperaturvertheilung erreicht wird welche um die nach beiden Seiten der durch die ~~der~~ Mittellage des Balkens gelegten Verticalebene symmetrisch ist, so ~~wird~~ wird sich nur die Empfindlichkeit des Instrumentes, also die an Stelle ~~statt~~ der Torsionsconstante zu setzende Grösse T' verändern, ganz in der Weise, wie wir dies die inneren elektrostatischen Kräfte betreffend schon erwähnten. Spuren unsymmetrischer Erwärmungen, die trotz aller Schutzmittel noch bestehen behalten ~~bis~~ heute noch ihren Charakter des Zufälligen.

Temperaturänderungen des Drahtes können nach dem schon vorhergesagten, ~~bei kleinen langsamen~~ ~~können~~ wenn sie klein ~~und~~ und von langsamen Verlauf sind mit einem individuellen Coefficienten mit in Rechnung gezogen werden, oder bei ~~passender~~ entsprechender Wahl des Beobachtungsverfahrens auch ausser Acht gelassen werden.

Erschütterungen sind auch nicht ganz unwirksam. Da nämlich ~~der wegen einer~~ die Gleichgewichtslage des ~~freien~~ belasteten Drahtendes, wegen ~~einer~~ der remanenten Drillung desselben Drahtes sich mit der ~~Änderung der~~ Belastung verändert, so müssen verticale Stösse einen Ausschlag des ~~Drahtes~~ Waagebalkens zur Folge haben. Dieser Ausschlag ist aber verschwindend klein bei Erschütterungen wie sie gewöhnlich vom Strassengetriebe herrühren, nur im Falle von Erdbeben erreicht sie bemerkbare, dann aber auch mehrere Skalentheile betragende Werthe. Im ~~Laufe~~ Verlaufe ~~mehr~~ mehrjähriger Beobachtungen mit solchen Instrumenten sind wir auf diese Weise ~~zu~~ zur Kenntniss mancher Erdbeben gelangt deren Eintreffen später durch ~~noch bevor~~ die eingezogenen Seismographischen Berichte ~~einer Bestätigung~~ bestätigt ~~konnten~~ wurde. Solche Ausnahmefälle, ~~welchen~~ die leicht erkannt werden, sind ~~aber~~ für die Gesammtheit der Beobachtungen von keinem Belang.

~~Als~~ In der Reihe der möglichen Störungen müssen wir endlich auch jener Veränderungen gedenken, welche durch <u>Veränderungen in der Massenvertheilung der Umgebung</u> in den Werthen der zweiten Differentialcoefficienten des Schwere-Potentials auftreten ~~können~~ und besonders für ~~in den Werthen~~ ~~von~~ $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$ und $\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$ ~~[illegible]~~, wenn auch nur kleine, doch messbare Werthe erreichen können. Verschiebungen von Gegenständen im Gebäude ~~ist~~ sind dabei kaum in Betracht zu ziehen, wohl aber das Ansammeln von Wassermassen ausserhalb, wie dies in ~~Folge~~ Folge von ~~die~~ ~~[illegible]~~ Regengüssen geschehen kann. Der Einfluss einer ein Centimeter hohen das Gebäude umgebenden Wasserschicht auf ~~[illegible]~~ die Gleichgewichtslage unseres Instrumentes ~~verschob~~ schwer sich auf etwa ein hundertstel ~~Teil~~ eines Skalentheiles. Beobachtungen solche Veränderungen betreffend sollten systematisch ausgeführt werden, wozu wir bisher keine ~~Zeit~~ Zeit fanden. Ein Theil unserer ~~B~~ Beobachtungsresultate wurde aber auch von diesem möglichen Einflusse befreit.

Der Gang unserer Beobachtungen und ~~[illegible]~~ ihrer Berechnung, der auf all diese Umstände Rücksicht zu nehmen hatte ~~der auf all diese möglichen~~ ~~entwickelte~~, ~~sich~~ und vervollständigte sich während ~~die~~ der Ausführung unserer Arbeit. Die Kürze der Zeit erlaubte es uns nicht Alles nach dem als besten erkannten, aber auch den grössten Zeitaufwand beanspruchenden Plan auszuführen. Die hier mitgetheilten Resultate sind so nach drei verschiedenen ~~bei der Beobachtung und der Berechnung be~~ ~~folgten~~ Verfahren gewonnen, die wir als I, II u.

wo $n$ die der Gleichgewichtslage entsprechende Skalenablesung, $n_0$ eine Constante und $L$ die in Skalentheilen abgemessene Skalenentfernung bedeutet.

~~So erhalten wir denn~~ So ist denn

$$n_0 - n = \frac{L}{\tau} K \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right) \sin 2\alpha + \frac{2L}{\tau} K \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \cos 2\alpha - \frac{2L}{\tau} M_a l_a h \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \sin \alpha$$
$$+ \frac{2L}{\tau} M_a l_a h \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \cos \alpha + \frac{2L}{\tau} M_a l_a g \sin \varepsilon (\kappa_b - \kappa_a) \sin \alpha \quad \ldots 13)$$

~~Unsere Beobachtung~~ All' unsere Beobachtungen geschahen ~~alle~~ in vier Stellungen der Drehwaage die wir bezogen auf das Ende A des Balkens als ~~[illegible]~~, Nördliche, Östliche, Südliche und Westliche mit N, Ö, S und W, und auch die ihnen entsprechenden ~~Skalen~~ Skalenablesungen mit $n_N$, $n_Ö$, $n_S$ und $n_W$ bezeichnen wollen. ~~Bei diesen~~ Das Einstellen auf N kann ~~Die Einstellung erfolgte geschieht von der N Stellung N ausgehend durch Drehen der Scheibe um je 90 Grade. Die Balkenachse Die Balkenachse kann am bequemsten~~ bei bekannter magnetischer Declination am leichtesten mit Hülfe der Boussole geschehen, von dieser Stellung ausgehend werden dann die anderen durch Drehen des Drehwagengehäuses um je 90° erreicht. Die Achse des Balkens weist aber in diesen Stellungen nicht genau nach den vier Himmelsrichtungen hin. ~~Bezeichnen wir den bei ursprünglicher Einstellung auf auf N bezogenen Fehler~~ Ist $\Delta\alpha$ der Azimuth der Balkenachse vom Norden nach Osten gezählt in der ursprünglichen N Stellung, ~~so, und die hier~~ so erhalten wir folgende Werte für die den vier Stellungen entsprechenden Azimuthe:

Stellung N ... $\alpha_n = \Delta\alpha$

" " Ö $\alpha_ö = \Delta\alpha + \frac{n_n - n_ö}{2L} + \frac{\pi}{2}$

" " S $\alpha_s = \Delta\alpha + \frac{n_n - n_s}{2L} + \pi$

" " W $\alpha_w = \Delta\alpha + \frac{n_n - n_w}{2L} + 3\frac{\pi}{2}$

~~Im Ausdruck der Winkel~~

Berücksichtigen wir dass $\Delta\alpha$ und auch die Grössen $\frac{n_n - n}{2L}$ klein sind, so berechnen wir für diese vier Stellungen aus Gl. 13) die Annäherungswerthe:

Die Grössen welche in diesen Gleichungen als Constanten des Instrumentes auftreten sind ~~auf~~ ~~nach~~ von uns durch das von Eötvös angegebene Verfahren bestimmt worden. (Abhandlungen der XV A. Conf. d. Erdmessung). ‡

Für das benützte einfache Schwerevariometer und für die Gehänge I und II des doppelten Schwerevariometers, sind die so gefundenen Werthe in folgender Tabelle zusammengestellt, worin $M_a^*$ und $h^*$ Durchschnittswerthe ~~bed~~ bezeichnen, die bei den einzelnen Beobachtungen durch genauere ersetzt wurden.

| | $\tau$ | $\frac{K}{\tau}$ | $L$ | $l_a$ | $M_a^*$ | $h^*$ | $\sin\varepsilon$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einfaches Schwere-Variometer | 0,5035 | 41896 | 1232 | 20 | 25,4 | 21,2 | 1,6858 |
| Doppeltes Schw. V. Gehänge I | 0·5073 | 43081 | 1258 | 20 | 25·4 | 21·2 | " |
| Doppeltes Schw. V. Gehänge II | 0·5116 | 43849 | 1258 | 20 | 25·8 | 21·2 | " |

4) Beobachtungen und deren Berechnung nach ~~dem~~ einen (I) Verfahren ~~unter~~ dem die Voraussetzung der Constanz der Schwerevariationen und der Empfindlichkeit (T) ~~...~~ zu Grunde liegt.

Benützt wurde ein einzelnes Drehwagengehänge, also das des einfachen ~~Schwerevariometers~~ oder nur eines der doppelten Schwerevariometer. Das Ende b ~~bleibt~~ blieb stets mit demselben in die Röhre hineingeschobenen Platinstücke belastet.

Das Ende a wurde nun in der schon angegebenen Weise mit einem der ~~a~~ Untersuchung unterworfenen Körper ~~...~~ (etwa mit Platin) belastet, und die Nordstellung ~~Meridianstellung~~ des Instrumentes (das Ende a nach Norden) am ~~Stellungs~~ getheilten Kreise ~~des Instrumentes~~ mit Hülfe der Boussole näherungsweise festgestellt. Die zulässige Abweichung, also der Werth von $\Delta\alpha$ darf hierbei die Grösse von einigen Graden erreichen.

Nun wird das Instrument in regelmässigen Zeitintervallen wiederholt zwischen ~~den~~ ~~der östlichen und westlichen~~ zwei Stellungen umgelegt, die von ~~der ersten~~ der ~~der~~ annähernd bestimmten Nordstellung um 90 resp. 270 Grade abstehen und als ~~östliche~~ Oststellung und Weststellung bezeichnet werden. Durch Ablesung der Gleichgewichtsstellungen erhalten wir dann

$$v = n_{ö} - n_{w}$$

derart, dass ~~die Differenz~~ der Abstand ~~zwischen~~ je einer dieser Stellungen bestimmt wird von dem Mittelwerthe der unmittelbar vorangehenden und ~~f~~ ~~f~~ darauf folgenden entgegengesetzten Stellung. Bei dem einfachen Schwerevariometer sind hiebei die mit dem Temperaturcoefficienten 0,4 reducirten Werthe von $n$ benützt worden.

Ebenso wird dann ~~für~~ für denselben Körper (etwa Platin) die Grösse $M$ bestimmt, wozu aber auch wenige Beobachtungen ausreichen ~~können~~, da bei diesem Verfahren die Kenntniss eines nur angenäherten Werthes dieser Grösse ~~erreicht~~ erfordert wird.

~~Hierauf wird der Erd [illegible]~~

Nachdem diese Beobachtungen mit einem Körper zu Ende geführt, wird an Stelle desselben am Ende a ein anderer (etwa Magnesium) von nahezu gleichem Gewicht gehängt, und für denselben ~~dieselbe~~ $v'$ und $m'$ bestimmt. Da dieses Vertauschen der Körper nur bei arretirtem Instrumente erfolgen kann ist eine kleine Verschiebung der ersten Ruhestellung nicht zu vermeiden, so dass ~~wir für $\Delta\alpha$~~ für $\Delta\alpha$ zu setzen ist $\Delta\alpha'$. Die Grösse ~~$\Delta\alpha'$~~ $\Delta\alpha' - \Delta\alpha$, ~~erreicht aber nie einen grösseren Werth~~ welche ~~auch~~ als Skalenverschiebung messbar ist erreicht aber kaum die Grösse von $\frac{1}{1000}$.

Nehmen wir nun an dass während dieser ganzen bis auf einige Wochen dauernden Beobachtungsreihe die Grösse $T$ und auch die

zweiten Differentialquotienten des Schwerepotentials
Constant geblieben sind, so erhalten wir zur
Berechnung von $K_a - K_a'$ d. i. dem Unterschiede
des Attractionscoefficienten der beiden Körper
(beispielsweise ~~des Platin und~~ von Platin und Magnesium)
der Gleichung 15 entsprechend:

$$v - v' = \frac{4L}{\tau} M_a l_a \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}(h-h') + \frac{4L}{\tau} M_a l_a \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}(h\Delta\alpha - h'\Delta\alpha') + \frac{4L}{\tau} M_a l_a \sin\varepsilon (K_a - K_a')$$

wobei wir ~~Grössen die neu~~ die mit Grössen
wie $\left\{\left(\frac{n_{\ddot{o}} - n_w}{L}\right) - \left(\frac{n_{\ddot{o}}' - n_w'}{L}\right)\right\}$ multiplicirten Glieder als
verschwindend kleine vernachlässigten.

Noch weiter lässt sich dieser Ausdruck dadurch vereinfachen
~~indem~~ dass wir ~~von~~ den kleinen ~~Grössen~~ zweiter Ordnung ~~Vernachlässigen~~ absehen, ~~welche~~ es wird
dann:

$$v - v' = v\frac{h-h'}{h} - m(\Delta\alpha - \Delta\alpha') + \frac{4L}{\tau} M_a l_a \sin\varepsilon (K_a - K_a') \quad \ldots 16)$$

also:

$$K_a - K_a' = \frac{\tau}{4L M_a l_a \sin\varepsilon}(v-v') + \frac{m(\Delta\alpha - \Delta\alpha') - v\frac{h-h'}{h}}{4L M_a l_a \sin\varepsilon}\,\tau \quad \ldots 17)$$

~~wo das zweite Glied [illegible]~~
~~sind auch [illegible] zu vernachlässigen nicht mehr in~~
~~Betracht kommt. [illegible]~~

5) Beobachtungen und deren Berechnung nach ~~den~~ einem zweiten Verfahren (II), ~~[illegible]~~ welches bei constanten Werthe der Schwerevariationen ~~langsame~~ eine langsame und stetige Veränderung der Empfindlichkeit ~~[illegible]~~ erlaubt.

Benützt wird wie beim ersten Verfahren nur ein Gehänge. Der ~~eine~~ (eine Vergleichs) Körper wird an das Ende a gehängt. Das Instrument wird in gleichen Zeitintervallen immer um ~~[illegible]~~ je einen rechten Winkel gedreht und so der Reihe nach in die Stellungen N, O, S, W gebracht ~~gebracht~~, ~~und so weiter fortgesetzt~~ dieses Verfahren wird bis zur Genüge wiederholt.

Wir nehmen nun an dass sich T und darauf auch M und v wohl mit der Zeit verändern, dass aber diese Veränderung während den ~~Zeitraum~~ ~~von~~ zu wenigstens sechs ~~[illegible] je eine Einstellung~~ ~~Intervallen~~ ~~neuen~~ Einstellungen erforderlichen

Zeitraume als proportional der Zeit ~~ta~~ in Rechnung gezogen werden darf. Dann erhalten wir für ~~Eint~~ ~~ablen~~ ~~Ste~~ Stellungen im Meridian die dem Momente ihrer Ablesung entsprechenden Werthe von $m$, ~~als~~ als die Differenz dieser Ablenkung vom Mittelwerthe der Ablenkungen in der vorangehenden ~~Ste~~ und der folgenden entgegengesetzten Meridianstellungen. In gleicher Weise ~~ert~~ ergeben sich die momentanen Werthe ~~von~~ ~~in den ersten Verticalen~~ in den Stellungen der ersten Verticalen. Die Momentanwerthe ~~der~~ von $v$ zur Zeit ~~der~~ einer Meridianablenkung berechnen wir aber ~~weiter~~ als Mittel des vorangehenden und der folgenden Werthes dieser Grösse. So auch umgekehrt.

~~Zur Berechnung~~ Wir berechnen nun ~~die Grösse~~ das Verhältnis $\frac{v}{m}$, wofür wir aus 14) und 15) mit Vernachlässigung kleiner Grössen zweiter Ordnung erhalten:

$$\frac{v}{m} = -\frac{\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}}{\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}} - \left(1-\frac{v^2}{m^2}\right)\Delta\alpha + \frac{v^2 m}{m^2\, 4L} - \frac{2n_n - n_o - n_w}{4L}$$
$$+ \frac{4L M_a l_a G \sin\varepsilon}{m\tau}(K_a - K_b) \quad \ldots 18)$$

Darauf hin wird der Körper bei a durch einen ~~[illegible]~~ anderen vertauscht, und eine neue Reihe von Beobachtungen ~~giebt uns~~ giebt uns den Werth ~~[illegible]~~ von $\frac{v'}{m'}$ ~~[illegible]~~

~~Mit genügender Mit Vernachlässigung~~

Zur Berechnung ~~der gemessenen~~ der Werthes $K_a - K_a'$ dient dann die Annäherungsformel:

$$\frac{v}{m}-\frac{v'}{m'} = +\frac{4 L M_a L_a \sin\varepsilon}{m\tau}(K_a-K_a') - \left(1-\frac{v^2}{m^2}\right)(\Delta\alpha-\Delta\alpha') \qquad 19)$$

woraus

$$K_a-K_a' = \frac{m\tau}{4 L M_a L_a \sin\varepsilon}\left(\frac{v}{m}-\frac{v'}{m'}\right) + \frac{m\tau}{4 L M_a L_a \sin\varepsilon}\left(1-\frac{v^2}{m^2}\right)(\Delta\alpha-\Delta\alpha') \ldots 20)$$

In dieser Formel sind alle Grössen vernachlässigt welche zu dem ~~[illegible]~~ strengen Werthe von $\frac{v}{m}$ ~~[illegible]~~ weniger als $\frac{1}{1000}$ beitragen. ~~Man kann sich hiervon aus den Beobachtungsresultaten leicht überzeugen wenn man berücksichtigt dass $\left(\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}-\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}\right)$ an den~~ ~~Beob~~ ~~Beobachtungsorten kleiner als $10^{-7}$ war.~~

6) Beobachtungen und deren Berechnung nach dem dritten Verfahren (III), ~~bei welchem~~ welches nicht nur von ~~langsamen~~ den stetigen Veränderungen der Empfindlichkeit sondern ~~auch andern~~ auch von den Veränderungen ~~der in der Lage~~ der ~~Schwere~~ räumlichen Schwerevariationen unabhängige Werthe liefert.

Gebraucht wird hierzu ein doppeltes Schwerevariometer deren Balken nur nahezu parallel ~~zu~~ sein müssen ~~und~~. Das Azimuth des einen Balkens bei einer ~~I^ten~~ I^ten Versuchsreihe $\Delta\alpha_{1I}$, bei einer II^ten $\Delta\alpha_{1II}$ in der Nordlage sei ~~$\Delta\alpha_1$~~, das des zweiten Balkens bei der I^ten Versuchsreihe ~~$\Delta\alpha_2$~~ $\Delta\alpha_{2I}$ und bei der II^ten Versuchsreihe $\Delta\alpha_{2II}$, hierbei sollen die Differenzen ~~langsam~~ $(\Delta\alpha_2 - \Delta\alpha_1)$ ~~so dass diese Differenz~~ ~~soll~~ den Werth von etwa zwei Graden nicht übersteigen, was leicht zu erreichen ist.

Indem die 4 Enden beider Balken mit den hineingeschobenen Platinstücken belastet sind wird einer der Vergleichskörper $(k_1)$ am a Ende des Gehänges I, der andere $(k_1')$ am a Ende jener mit dem Coefficienten $K_a$ aber an den Balken 2. zu hängen komme, so ergiebt eine zweite Beobachtungsreihe

$$\frac{v_2}{m_2} - \frac{v_1'}{m_1'} = \frac{4 \Sigma M_a l_a \operatorname{Sin} \varepsilon}{m \tau}(K_a - K_a') + \left(1 - \frac{v^2}{m^2}\right)(\Delta\alpha_{1II} - \Delta\alpha_{2II})$$

und wir erhalten durch Addition:

$$\left(\frac{v_1}{m_1} - \frac{v_2'}{m_2'}\right) + \left(\frac{v_2}{m_2} - \frac{v_1'}{m_1'}\right) = \frac{8 \Sigma M_a l_a \operatorname{Sin} \varepsilon}{m \tau}(K_a - K_a') + \left(1 - \frac{v^2}{m^2}\right)\left\{(\Delta\alpha_{2I} - \Delta\alpha_{2II}) - (\Delta\alpha_{1I} - \Delta\alpha_{1II})\right\} \quad \ldots\ 22)$$

und:

$$K_a - K_a' = \frac{m \tau}{8 \Sigma M_a l_a \operatorname{Sin} \varepsilon}\left\{\left(\frac{v_1}{m_1} - \frac{v_2'}{m_2'}\right) + \left(\frac{v_2}{m_2} - \frac{v_1'}{m_1'}\right)\right\} + \frac{m \tau}{8 \Sigma M_a l_a \operatorname{Sin} \varepsilon}\left(1 - \frac{v^2}{m^2}\right)\left\{(\Delta\alpha_{1I} - \Delta\alpha_{1II}) - (\Delta\alpha_{2I} - \Delta\alpha_{2II})\right\} \quad \ldots\ 23)$$

$\{(\Delta\alpha_{1I} -$

8. Über Beobachtungen zur Entscheidung der Frage ob ~~eine Absorption~~ die ~~der~~ Anziehung durch dazwischen ~~liegende Körper~~ ~~zwischen Körper~~ ~~von~~ stattfindet.

~~anderen insbesondere von dazwischen liegenden Körpern abhängig sei~~.

~~mit unseren~~ vorangehenden Betrachtungen in engstem Zusammenhange steht

Die Frage ob ~~die sie~~ die ~~Anz~~ von einem Körper A auf einen anderen B ausgeübte Anziehung von einem dritten dazwischen liegenden Körper C abhängig sei, ~~die~~ insbesondere ob ~~den~~ ~~zwischen~~ den Körpern ~~überhaupt~~ ~~je nach ihrer materiellen Beschaffenheit~~ ~~und nach ihrer Grösse~~ eine ~~von der Einheit~~ ~~Absorption von verschiedenen Permeabilität~~ Absorptionsvermögen gegen ~~Ez~~ Anziehung ~~vermögen gegen Anziehung~~ zuzuschreiben sei.

Denn wäre dieser letztere der Fall so müssten Körper verschiedener Form und Grösse verschieden ~~stark~~ von ~~demselben~~ einem anderen ~~Körper~~ angezogen werden, ja es müsste diese Anziehung sogar davon ~~ab~~ abhängen, wie die ~~eine~~ verschiedenen Theile des angezogenen Körpers gegen den anziehenden gerichtet sind.

Die vorgelagerten
Theile der angezogenen Körpers würden ja ~~dann~~ ~~ab-~~ ~~sorptiv~~ die ~~auf~~ ~~auf~~ seiner ~~andern~~ dahinter gelegenen ~~der~~ Anziehung ~~der anderen~~ Theile ~~mehr~~ ~~jener~~ beeinflussen. ~~Gleichgültig bleibt es hierbei ob wir uns diese Beeinflussung als absorptive~~ ~~So betrachtet~~ In dieser Auffassung können ~~die~~ schon die vorher beschriebenen die Anziehung verschiedener Körper betreffenden Beobachtungen als solche betrachtet werden, die zur Entscheidung der hier aufgeworfenen Frage dienen. Doch ist bezüglich derselben auch die Möglichkeit des directen Versuches nicht ausgeschlossen.

Ich denke dabei nicht an Versuche wie die der Herren L. W. Austin und C. B Thwing*) die ~~in~~ ~~ihrer im Jahre 1897 erschienenen Abhandlung als Resultat~~ den Einfluss ~~untersuchten~~ zu messen trachteten, den das Dazwischenschieben ~~schichten~~ von einigen Centimeter dicken Schichten von Wasser, Blei und Quecksilber ~~schichten~~

*) (gedruckte Forschung)?

Abweichung

auf die Stellung ~~des Balkens~~ eines Drehwagenbalkens ~~eines~~ der durch die ~~Bleikugel~~ Anziehung von wenigen Kilogrammen schweren Massen abgelenkt ~~ist~~ war.

Solche Versuche, wenn auch mit ~~noch so~~ grösster Sorgfalt ausgeführt, können kaum zu ~~einem~~ genaueren ~~anderen~~ Resultaten führen, ~~wie~~ als ~~die~~ die von den genannten Herrn in ihrer im Jahre 1897 erschienen Abhandlung angeführten, wonach die Beeinflussung der Anziehung ~~durch die~~ durch diese zwischenliegenden Schichten ~~nicht~~ kleiner als $\frac{1}{500}$ Theil derselben ist. ~~Das~~ Ein solches Resultat ergiebt sich viel einfacher durch die Betrachtung, dass ja die der um Vieles grösseren Anziehung der Erde unterworfene Waage keine merkbare Veränderung ihrer Gleichgewichtslage erleidet, wenn unter die eine ihrer belasteten Wagschalen Schichten der oben erwähnten Art geschoben werden. Bei gehörigem Schutze könnte ~~die~~ ~~bei~~ mit diesem letzteren Instrumente

Absorption
4

die erreichbare Genauigkeit sogar bis ~~zu~~ über ein Zehnmilliontel des Gewichtes gesteigert werden.
Zu noch um vieles genaueren Resultaten können wir mit der Drehwaage gelangen.

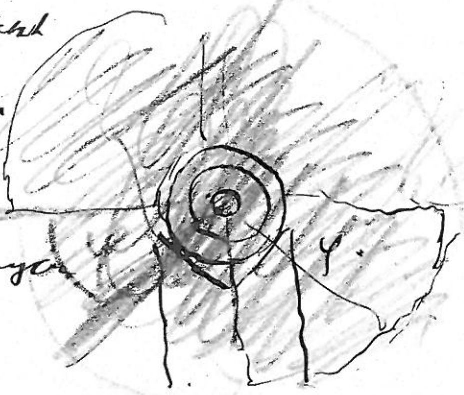
Schon im Jahre 1902 haben wir derartige Versuche ausgeführt ~~mit dem~~ und zwar mit dem Instrumente, das Eötvös den Gravitations-compensator benannte*). Diese Versuche haben wohl nur den Charakter von Vorversuchen, ~~und~~ da wir sie hier ~~zu~~ dennoch mittheilen, ~~wollen~~ ~~möchten wir~~ wünschten wir, dass dieselben auch als solche betrachtet und beurtheilt werden.
Zur Ausführung ~~vollkommen~~ ~~vollkommen~~ uns selbst ganz befriedigender Versuche, namentlich ~~mit voll-~~ zur Herstellung von vollkommeneren Instrumenten mangelte es uns an Zeit.

Das ~~von uns~~ benützte Instrument war ganz ähnlich dem von Eötvös angegebenen ~~beschriebenen~~ so dass ~~wir uns~~ wir uns hier nicht eingehender mit der ~~und auch nicht deshalb auch~~ Besprechung seiner Einzelheiten zu beschäftigen brauchen. ~~in eine eingehende~~ ~~brauchen~~

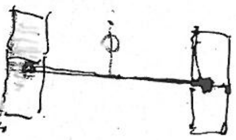
*) Untersuchungen über Grav. u. Erdmagn. Wiedemanns Annalen Bd. 59

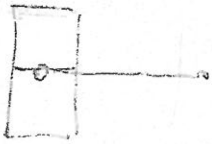
Absorption
5

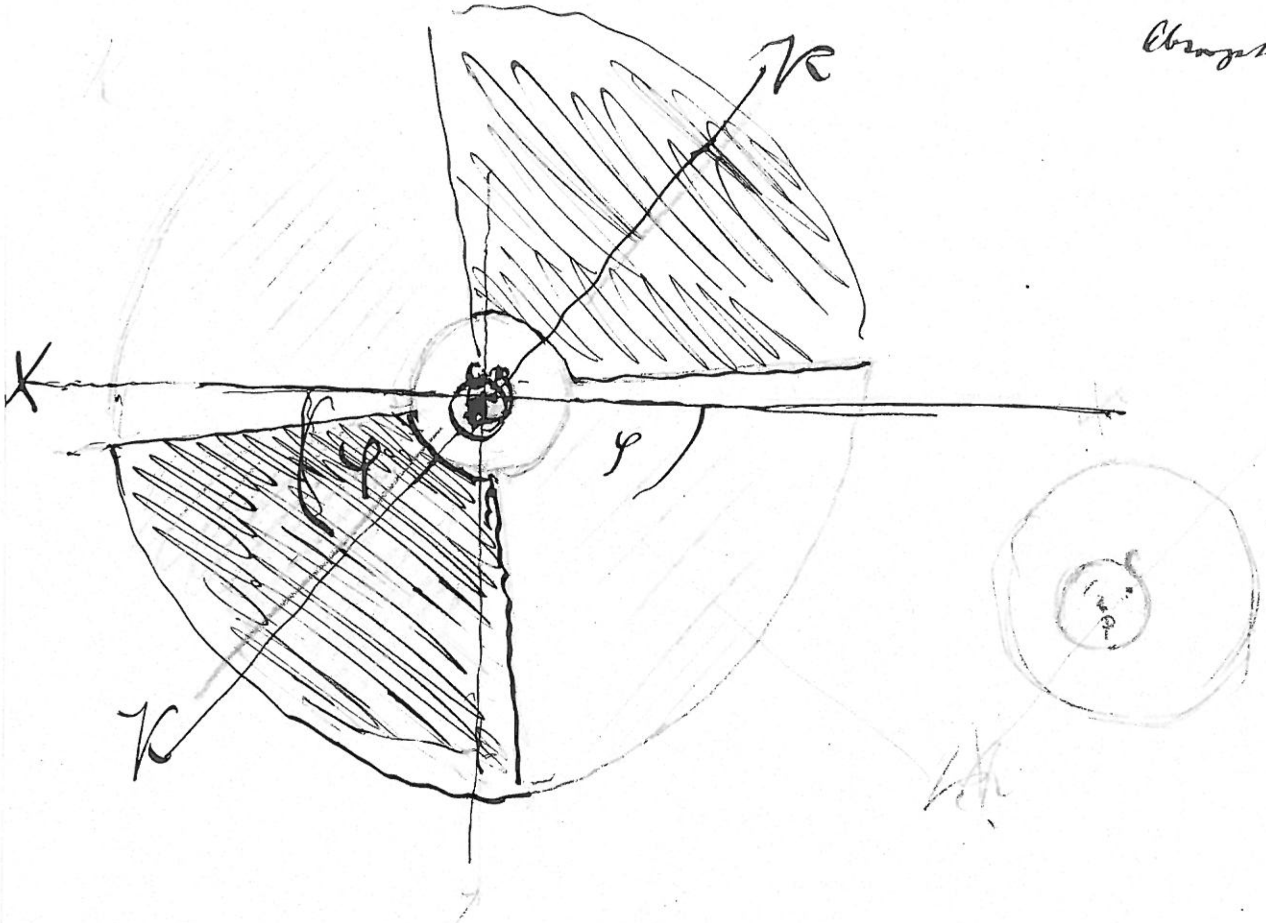
Die an beiden Enden eines 50 Centimeter langen Drehwaagenbalkens befestigten Messingkugeln ~~sind die~~ von je 30 gramm Gewicht sind Da ~~[illegible]~~ ausser einem metallenen Schutzröhre noch von den zur Compensation dienenden Vorrichtungen umgeben (Siehe Figur ).



Jede dieser an den zwei Enden angebrachten Vorrichtungen besteht aus einer das Schutzrohr ~~die Schutzhülse~~ umgebenden cylindrischen Metallhülse von 5 C. Durchmesser. Diese Metallhülsen tragen je zwei ~~trägt~~ ~~an~~ sich gegenüber liegende Cylinderquadranten (Compensationsmassen) aus Bleiguss und ~~sind~~ ~~[illegible]~~ ~~auf~~ ruhen auf horizontalen Axen-lagern, so dass ~~die~~ ~~Neigung~~ der Neigungswinkel ($\varphi$) ihrer ~~der~~ Mittellinie $\underline{kK}$ zur horizontalen durch Drehung verändert werden kann. Die Dimensionen dieser Quadranten sind: innerer Radius 2,5 Cm, äusserer Radius 12 Cm, Dicke d. h. Abstand der beiden ~~E~~ ebenen Begränzungsflächen 9,5 C. Die Enden des Balkens, richtiger die daran haftenden Messingkugeln ~~[illegible]~~ schweben in der Mitte je eines ~~[illegible]~~ compensierenden Quadrantenpaares.








Der Mittelpunkt (P) der Kugeln K am Balkenende sollte bei vollkommen eingestellten Instrumente in die Drehungsaxe C der Compensatoren zu liegen kommen. Da aber diese Vollkommenheit nicht erreicht werden kann haben wir in unserer Figur P und C als von einander abstehend ~~gezeichnet~~ dargestellt, und ~~sollen~~ so werden wir auch die Coordinaten von P bezogen auf ein durch C gelegtes ~~Coor~~ System X.Z durch ξ und ζ bezeichnen.

In dem gegenwärtigen Falle wurde dieses Instrument stets so benützt dass die beiden Compensatoren ~~gegenüber zu den entsprechenden~~ zu dem von ihnen umschlossenen Balkenende ~~gegenüber~~ die gleiche Lage hatten. ~~Wenn z. B. die Compensatorlage für das eine Ende~~ Stellt die Figur den Querschnitt ~~eines~~ der Compensators ~~dar~~ ~~dar~~ und der darin schwebenden Kugel dar wie er ~~für~~ einem Beobachter erscheint, der vor dem einen Ende stehend nach der Drehungsachse schaut, so stellt sie auch das Gleiche dar bezüglich auf das ~~für das~~ andere Ende des Balkens und den anderen Theil des Compensators für ~~den~~ einen Beobachter der dieses andere Ende ebenfalls der Drehungsachse zugekehrt betrachtet. Die Drehungen der beiden Compensatorentheile geschahen dementsprechend auch immer um gleiche Winkel.

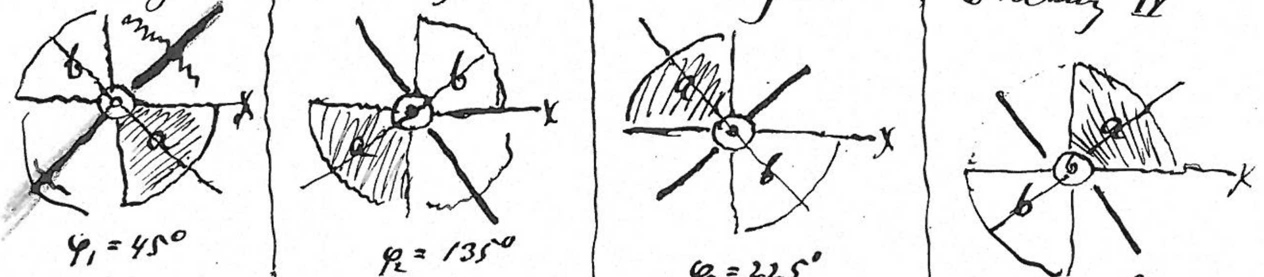
~~In~~ Bei diesem Falle ~~konnte sich die~~ kann das ~~von den~~ durch die Anziehung der Compensatoren auf den ~~betreff~~ ~~Balken~~ mit ~~den~~ Kugeln belasteten Balken in folgender Form ausgedrückt werden:

$$F = A\xi + B\cos\varphi + \xi C_1\cos 2\varphi + \xi D\sin 2\varphi$$

~~Bei den Beobachtungen~~

~~In den vier Stellungen die~~ Bei der in Frage stehenden Untersuchung wurden nun die Compensatoren in vier um je einen rechten Winkel abstehenden Stellungen gebracht. Diese ~~vier~~ Stellungen sind in der unten folgender Zeichnung schematisch dargestellt und die ihnen entsprechenden Werthe von $\varphi$ und $F$ darunter geschrieben

Stellung I | Stellung II | Stellung III | Stellung IV

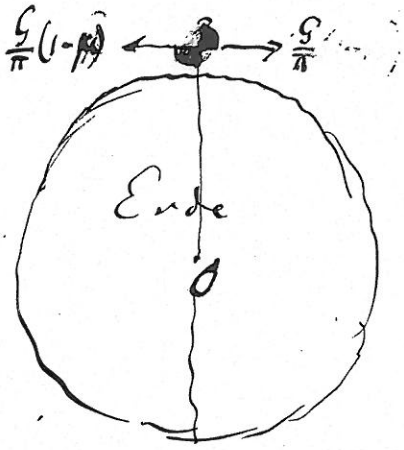


$\varphi_1 = 45^\circ$ | $\varphi_2 = 135^\circ$ | $\varphi_3 = 225^\circ$ | $\varphi_4 = 315^\circ$

$F_1 = A\xi_1 + B\cos\frac{\pi}{4} + \xi D$ | $F_2 = A\xi_2 - B\cos\frac{\pi}{4} - \xi D$ | $F_3 = A\xi_3 - B\cos\frac{\pi}{4} + \xi D$ | $F_4 = A\xi_4 + B\cos\frac{\pi}{4} - \xi D$

Nehmen wir an daß die Anziehung ~~der Theile~~ der Erdmassen ~~auf die Erdkugel ...~~ ~~durch den ... durch~~ ~~dann die ... zwischen~~ ~~Ihnen und den angezogenen Kugeln am Balken~~

~~liegenden Theile der Bleicondensatoren~~ eine
~~Beeinflussung ähnlich der Absorption erleiden~~
~~würden~~ auf die Massen unserer Drehwaage
durch die dazwischen liegenden Compensatormassen
~~der~~ einer Absorption ähnlich beeinflusst werden,
so addirt sich ~~zu diesem Drehmoment~~
zu diesem Drehungsmoment $F$ noch ein anderes
$\Phi$ welches je nach der ~~Stellung~~ eingenommenen Stellung
der Compensatoren ~~in der Richtung~~ ~~[illegible]~~ nach ~~[illegible]~~ vorwärts
oder ~~[illegible]~~ rückwärts gerichtet ist.




Denken wir uns nämlich die Erde
durch eine die Balkenachse enthaltende
Verticalebene in zwei Hälften getheilt
so wirkt die Anziehung der einen
(in der Stellung I. linksseitigen Hälfte)
(dicke Figur) durch die Compensatormassen, die anderen
(rechtsseitige) aber ohne ~~[illegible]~~ diese durchzudringen. Jede dieser Hälften erzeugt eine
horizontale Anziehungscomponente, deren Grösse

$\mu$

auf die Masseneinheit bezogen ohne Berücksichtigung einer möglichen Absorption gleich $\frac{G}{\pi}$ ist und nach ~~ihrer~~ der Seite gerichtet ist, wo die anziehende Halberde liegt. Findet aber Absorption statt, so ist die von ihr beeinflusste Anziehung einer Erdhälfte ~~Anziehung der~~ ~~stärkeren~~ ~~Halberde~~

$$= \frac{G}{\pi}(1-\mu)$$

zu setzen, wo $\mu$ vom Absorptionsvermögen des dazwischen liegenden Körpers, ferner von ~~der~~ seiner Form, ~~Lage~~ seiner Grösse und Lage abhängig ist ~~sein muss~~.

Die Wirkung beider Erdhälften zusammen ergiebt so eine horizontale Kraftcomponente die nach jener Seite gerichtet ist wo die Absorption ~~kleiner~~ geringer ist.

~~Nennen~~ Wenn wir mit $m$ die Masse je einer Kugel am Drehwaagebalken mit $l$ ihren Drehungshalbmesser bezeichnen so sind die aus der einseitigen Absorption entstehenden Drehungsmomente in den mit I, II, III und IV bezeichneten Compensatorstellungen:

Aufgaben 11

| Stellung I | Stellung II | Stellung III | Stellung IV |
| --- | --- | --- | --- |
| $\Phi_1 = -2ml\frac{G}{\pi}\mu$ | $\Phi_2 = +2ml\frac{G}{\pi}\mu$ | $\Phi_3 = -2ml\frac{G}{\pi}\mu$ | $\Phi_4 = +2ml\frac{G}{\pi}\mu$ |

~~Das Gesammt~~ ~~Das Ge~~ Das Gleichgewicht des Drehwaagenbalkens denken wir uns nun hervorgebracht von der Summe der Drehungsmomente F und $\Phi$ einerseits, von dem gegen die Torsion wirkenden Drehungsmomente andererseits. Dieses letztere drücken wir ~~setzen~~ in der Form:

$$\tau\vartheta_0 + \tau\vartheta$$

aus, wo $\vartheta_0$ den Torsionswinkel ~~bei einer Lage~~ ~~der Kugelmittelpunkte in~~ bei einer Lage des Balkens bedeutet, bei welcher $\xi = 0$ ist und $\vartheta_0 + \vartheta$ den ganzen Torsionswinkel darstellt. Setzen wir noch

$$\xi = l\vartheta$$

so erhalten wir als Bedingungen des Gleichgewichts in den vier Stellungen I–IV:

$$\tau\vartheta_0 + \tau\vartheta_1 = Al\vartheta_1 + B\cos\frac{\pi}{4} + \xi D - 2ml\,\frac{G}{\pi}\,\mu$$

$$\tau\vartheta_0 + \tau\vartheta_2 = Al\vartheta_2 - B\cos\frac{\pi}{4} - \xi D + 2ml\,\frac{G}{\pi}\,\mu$$

$$\tau\vartheta_0 + \tau\vartheta_3 = Al\vartheta_3 - B\cos\frac{\pi}{4} + \xi D - 2ml\,\frac{G}{\pi}\,\mu$$

$$\tau\vartheta_0 + \tau\vartheta_4 = Al\vartheta_4 + B\cos\frac{\pi}{4} - \xi D + 2ml\,\frac{G}{\pi}\,\mu$$

~~Addiren~~ Würde~~n~~ von der Summe ~~der~~ ersten und dritten dieser Gleichungen ~~nicht~~ die Summe der zweiten und vierten abgezogen, so erhält man:

$$(\tau - Al)(\vartheta_1 + \vartheta_3 - \vartheta_2 - \vartheta_4) = 4\xi D - 8ml\,\frac{G}{\pi}\,\mu$$

Bei der Beobachtung mit Spiegel und Skala bezeichnen wir mit $n$ die Skalenablesung und mit $L$ die in Skalentheilen abgemessene Entfernung der Skala vom Spiegel, ~~dann~~ es ist also:

$$n_1 + n_3 - n_2 - n_4 = \frac{8LD\xi}{\tau - Al} - \frac{16Lml}{\tau - Al}\,\frac{G}{\pi}\,\mu$$

Zur Berechnung unserer nachfolgenden Beobachtungen, wurde nun dem benutzten Apparate entsprechend, als Resultat hier genügenden angenäherten ~~angenäherten~~ Abmessungen gesetzt:

$L = 1315$ Skalentheile

$n = 30$ Gr.

$l = 25$ C.

$G = 982$ C.S

$\tau - Al = 0{,}103$ C.S.S

Letztere Grösse wurde durch Ablenkungsversuche am Compensatorbalken bestimmt.

Mit diesen Werthen wird:

$$n_1 + n_3 - n_2 - n_4 = \frac{8LD}{\tau - Al}\xi - 47890 \cdot 10^6 \mu$$

~~Die Grösse~~ Der Factor von $\xi$ lässt sich aus den Dimensionen des Apparates unschwer berechnen, wir haben aber deren Grösse auch in der Weise ~~der Weise~~ durch die Beobachtungen bestimmt, ~~dass wir~~ ~~zuerst die~~ ~~der vier Stellungen~~ ~~die~~ ~~die Gleichgewichtslage~~ dass wir zwei Werthe der Grösse $(n_1+n_3-n_2-n_4)$ feststellten, die verschiedenen Werthen von $\xi$ entsprachen. Es ist ja dann:

$$(n_1'+n_3'-n_2'-n_4') - (n_1+n_3-n_2-n_4) = \frac{8LD}{\tau - Al}(\xi' - \xi)$$

Eine solche Veränderung des Werthes von $\xi$ kann ~~[illegible]~~

durch ein Senken oder Heben der auf Fussschrauben stehenden Compensatoren leicht bewerkstelligt ~~und~~. und gemessen werden. ~~[illegible]~~ Aus solchen Versuchen erhielten wir, wenn $\xi$ in Centimetern abgemessen wird:

$$\frac{8LD}{\tau - Al} = 608$$

so dass

$$n_1 + n_3 - n_2 - n_4 = 608\,\xi - 47890 \cdot 10^6 \mu$$

und

$$\mu = \frac{n_2 + n_4 - n_1 - n_3}{47890 \cdot 10^6} + \frac{608\,\xi}{47890 \cdot 10^6}$$

Die Zahlenwerte dieser Formel legen wohl ein ~~ein~~ Zeugniss dafür ab, wie gross die bei der Bestimmung von $\mu$ erreichbare Genauigkeit sei, weisen ~~weisen~~ aber auch auf die Schwierigkeiten hin die dabei überwunden werden müssen. Diese ~~[illegible]~~ bestehen nicht nur bezüglich des Schutzes von störenden Einflüssen, welche bei so grosser Genauigkeit doppelt in die Wagschale fallen, sondern besonders auch darin, dass der Einfluss der mit $\xi$ multiplicirten Glieder möglichst vermieden, oder sicher festgestellt werden muss.

Bei unseren Versuchen bot die feste Aufstellung des Apparates in einem gleichmässig temperirten Kellerraume ~~und der Umhüllung desselben im~~ ~~Außenfelde~~ gehörigen Schutz, und ~~durch~~ mit Hülfe von Kathetometern gelang es uns auch die Compensatoren so zu stellen dass $\xi$ nicht mehr als etwa $\frac{1}{500}$ C. von null verschieden war. Unter solchen Umständen haben wir ~~schon~~ schon vor mehreren Jahren drei Versuchsreihen ausgeführt, deren Ablesungen in folgender kleinen Tabelle zusammengestellt sind:

| | | Ablesungen | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 17 April | 20 April | 23 April |
| Stellung I | $n_1$ | 246,2 | 264,0 | 266,2 |
| Stellung II | $n_2$ | 247,4 | 264,6 | 268,0 |
| Stellung III | $n_3$ | 246,3 | 263,8 | 267,1 |
| Stellung IV | $n_4$ | 246,0 | 262,5 | 266,6 |
| Stellung I | $n_1$ | 246,0 | 263,9 | 265,9 |

Hieraus berechnen wir mit Weglassung der mit $\xi$ proportionalen Glieder

Aus den Beobachtungen vom 17 April $\mu = + \frac{1}{47890 \cdot 10^6} \cdot 1,0$

Aus denen vom 20 April $\mu = - \frac{0}{47890 \cdot 10^6} \cdot 0,6$

Aus denen vom 22 April $\mu = + \frac{0}{47890 \cdot 10^6} \cdot 1,4$

Bedenken wir dass, ~~die~~ eine fehlerhafte Einstellung bezüglich der ~~Scala~~ $\xi$ von nur $\frac{1}{50}$ mm = $\frac{1}{500}$ Cm ~~auf~~ einen ~~die~~ die Einheit etwas übersteigenden Fehler in diesem Werthe bedingen würde, so sind wir berechtigt die von Null um etwa eine Einheit verschiedenen ~~abweichenden~~ Werthe von $\mu$ ~~einer~~ dieser ~~[illegible]~~ Unvollkommenheit zuzuschreiben. ~~Jedenfalls~~ So weit es auf Grund weniger Versuche erlaubt ist können wir ~~aber~~ also ~~auf Grund dieser Beobachtungen~~ behaupten dass $\mu$ ~~die~~ d. i. ~~der ganze der von dem Compensator Quadranten absorbirte Theil der~~ die ~~Schut~~ Schwächung der Erdanziehung durch den dazwischenliegenden Compensatorquadranten kleiner als ihr Fünfzigtausendmillionstel war.

~~Allerdings sind diese nur mitgetheilten Versuche, ~~ ~~welche eine Bestätigung nachhaftete Wiederholung zu bedürfen ~~ ~~gewinnen,~~

durchschnittliche Länge jener ~~Strecken~~ Theile ~~welche~~ der
von den Punkten der einen Erdhälfte zur angezo-
genen Kugel führenden ~~in die Compensator~~ Geraden welche in die Masse
des Compensators fallen nicht unter 5 Centimeter ist.
Wir können also ~~sagen~~ behaupten, dass die
Anziehung der Erde beim Durchgang durch eine
Bleischichte von 5 C. Dicke keine Absorption
erleidet welche ein Fünfzigtausend Milliontel
derselben erreicht. Für eine ~~Schicht~~ Bleischicht
von 1 Meter Dicke würde diese untere Grenze
ein Zweitausend fünfhundert milliontel betragen, und
für die Absorption längs eines ganzen Erddurchmessers
etwa ~~ein~~ vierhundertstel. Nehmen wir aber an dass die
Absorption ~~ist~~ mit der durchlaufenen Masse
proportional wäre, so müsste unseren Versuchen
entsprechend die Absorption ~~durch~~ der ganzen
Erde längs eines Durchmessers derselben weniger
als etwa ein Achthundertstel betragen.
Beobachtungen der Ebbe und Fluth und der

die erzeugenden Kräfte lassen aber diesen minimalen Grenzwerth einer eventuellen Absorption der Anziehung durch den Erdkörper noch um vieles kleiner erscheinen.

In einfachster Weise können wir uns hiervon überzeugen, wenn wir ~~Punkte der Erde die Kräfte oder Kräfte betrachten welche~~ die der Anziehung von Sonne oder ~~und~~ Mond ~~denn in den zwei Punkten der Erdoberfläche in Ruhe betrachten~~ entsprechenden verticalen Kräfte in ~~jenen~~ zwei Punkten ~~der Erdober-fläche~~ auf der Erde betrachten für welche die Zenithdistanz jenes Himmelskörpers $\vartheta = 0$ und $\vartheta = \pi$ ist.

Statt

$$-Z = 2f\frac{M}{\delta^2}\cdot\frac{a}{\delta}$$

wie im Falle dass überhaupt keine Absorption stattfindet, ~~[illegible]~~ ist wenn eine solche vorhanden ~~ist~~, zu setzen:

$$-Z = 2f\frac{M}{\delta^2}\frac{a}{\delta} + \mu f\frac{M}{\delta^2}$$

oder:

$$-Z = 2f\frac{M}{\delta^2}\frac{a}{\delta}\left(1 + \mu\frac{\delta}{2a}\right)$$

wo $\mu$ ~~die~~ die Grösse jenes Theiles der Anziehung bedeutet der von der Erdmasse längs ~~einer~~ der Strecke eines Erdhalbmessers absorbirt würde.

Für die durch die Sonne erzeugte Fluth haben wir also zu setzen:

$$-Z = 2f\frac{M}{D^2}\frac{a}{D}\left(1 + 11800\,\mu\right)$$

für die Mondfluth aber:

$$-Z' = 2f\frac{M'}{D'^2}\frac{a}{D'}\left(1 + 30{,}14\,\mu\right)$$

Würde $\mu$ den durch unsere Drehwaagen-beobachtungen festgestellten Grenzwerth von $\frac{1}{1600}$ erreichen, dann wäre für die Sonne:

$$-Z = 2f\frac{M}{D^2}\frac{a}{D}\left(1 + 7{,}4\right)$$

für den Mond aber

$$-Z' = 2f\frac{M'}{D'^2}\frac{a}{D'}\left(1 + 0{,}02\right)$$

Die Sonnenfluth müsste ~~daher~~ in diesem Falle auf etwa ~~das~~ ihr Achtfaches vergrössert werden, während die Mondfluth kaum merklich verändert würde.

# 9. Einige Versuche mit radioactiven Substanzen.

Die Untersuchung radioactiver Substanzen haben wir nach zwei Richtungen ausgeführt, erstens bezüglich des Verhältnisses ihrer Masse zu der auf sie ausgeübten Erdanziehung, zweitens die Frage betreffend ob sie auf diese Anziehung absorbirend wirken oder selbst eine specifische Anziehung oder Abstossung bewirken.

## a) ~~Versuche~~ Beobachtungen das Verhältniss von Masse und Anziehung betreffend.

Die Versuche führten wir ~~wurden~~ mit einem Radiumpräparate aus~~geführt~~ ~~, welches wir leider nur auf kurze Zeit teilweise erhielten~~ ~~welches~~ Das ~~aus~~ aus dem Curie-schen Laboratorium stammend[e] uns von Herrn Dr. Sz. zuvorkommendst zur Verfügung gestellt wurde. Das Gesammtgewicht des ~~Präparates~~ in einem Glasröhrchen eingeschlossenen Präparates war 0,200 Gramm, nach Angabe des Herrn Dr. Sz. 0,100 gr. reines $RaBr_2$ enthaltend mit einer Activität gleich dem 1500000fachen des metallischen Uraniums. Leider stand uns dieses Präparat nur auf kurze Zeit zur Verfügung und zwar am Beginne ~~unserer~~ dieser Arbeit, ~~so dass~~ weshalb wir auch unsere Beobachtungen nur nach dem I^ten Verfahren ausführ~~en~~ten konnten.

Das Radium enthaltende Glasröhrchen wurde in ~~der Mitte~~ der Mitte einer verschlossenen Messingröhre sorgfältig befestigt und ~~mit~~ in dieser ~~so~~ auf das Balkenende gehängt, ~~und~~ dann wurden die Beobachtungen in derselben Weise ausgeführt wie dies mit dem Magnesium und ~~an~~ dem Holze geschah. Dabei hatten wir aber zu berücksichtigen, dass die hängende Masse $M_a$ ~~kein~~ nicht homogen war, und nur etwa ihr $\frac{1}{250}$tel Teil aus $RaBr_2$ bestand. ~~Die directe Bestimmung ergab daher nicht~~ ~~sogleich $k_{Ra}$, sondern Wir bestimmten also~~ ~~Bezeichnen wir den mittleren Attractionscoefficienten~~ ~~der ganzen Masse $M_a$ mit $k_a$~~ Die directe Bestimmung bezog sich so auf einen mittleren Attractionscoefficienten $k_a$ der ganzen Masse $M_a$, ~~und nur dem ...ten~~ ~~Teile~~ ~~zu~~ ~~und~~ zu dem des Attractionscoefficient $k_{Ra}$ das Radiumbromid nur mit ~~zu einer~~ der Masse von $\frac{1}{250}M_a$ ~~bei~~ ihren Beitrag leistet.

b) 1

## b) Beobachtungen ~~die eine eventuelle Absorption~~ eine spezifische mechanische Wirkung ~~und der Radium~~ ~~der Radiums und ihre~~ von Radiumpräparaten betreffend. ~~der Anziehung betreffend~~.

~~Es soll hier~~ Wir wollen hier noch über einige Versuche ~~B~~ Bericht erstatten, die wir vor einigen Jahren (1904) ~~bezüglich einer Absorp~~ mit der Absicht anstellten ~~direkt die mögliche~~ eventuelle mechanische Wirkungen der Radiumpräparate auf den Drehwage sollten zu entdecken. Die Untersuchungen führten uns ~~auf~~ in das von Herrn Robert Geigel ~~betretene~~ ~~G~~ in seiner Abhandlung: „Über Absorption von Gravitationsenergie durch radioactive Substanz" +) betretene Gebiet. Nach den ~~folg. an~~ bereits erfolgten Bemerkungen des Herrn W. Kaufmann zu der Arbeit des Hrn R. Geigel ++) schien uns damals die Veröffentlichung noch weiterer Bemerkungen überflüssig zu sein, doch glauben wir dass unsere Versuche im Rahmen dieser Abhandlung der Aufzählung werth sind.

---

+) Annalen der Physik IV Folge Bd. 10 Seite 429. 1903
++) Ebendaselbst Seite 894.

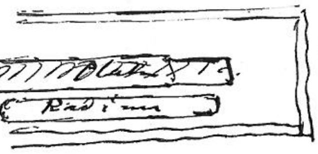
Bei den Versuchen wurden 10 mgr. eines Radiumpräparates benützt welches wir von der Société Centrale de Produits ‡

Das Radiumpräparat war in einem Glasröhrchen von 4,5 C. Länge, 0,5 C. äusserem Durchmesser und 0,66 gr. Gewicht eingeschlossen.

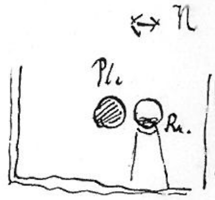
Versuch No 1

Nach Ablesung der Gleichgewichtslage unseres Instrumentes, des Schwerevariometers, wurde das Radium enthaltende Röhrchen innerhalb des Drehwagengehäuses gebracht und dort auf einem leichten Drahtgerippe so aufgestellt, dass dieses Röhrchen am Ende b des Balkens parallel dem dort eingeschobenen Platincylinder mit demselben in gleicher Höhe zu liegen kam.

Die gegenseitige Lage von Platincylinder und Röhrchen ist in horizontaler und verticaler Projection durch unsere Zeichnungen dargestellt.

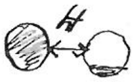



Das Radiumröhrchen wurde einmal auf die eine, dann auf die entgegengesetzte




‡ Einiges aus Paris erhalten, die Activität dieses Präparates war circa die 1000000 fache des metallischen Uraniums.

Seite des ~~Platincylinders~~ schwebenden Platincylinders gestellt und jedesmal ~~die~~ ihre Gleichgewichtslage (n) bestimmt. Die Entfernung H zwischen Platincylinder und Röhrchen konnte ~~durch~~ mit Hülfe der Ablesung jener Skalentheiles $n_z$ berechnet werden bei welcher ~~die~~ der nach schwingende Balken ~~von~~ von dem Röhrchen zurückgeschlagen wurde. ~~Ist $n_z$ die~~ Entsprechend den ~~früheren~~ schon gebrauchten Bezeichnungen ist dann:




$$H = \frac{n_z - n}{2L}\, l$$

also für $l = 20$ $L = 1232$

$$H = 0{,}0081\,(n_z - n)\ \mathrm{cm} = 0{,}081\,(n_z - n)\ \mathrm{mm}.$$

Das folgende Schema zeigt den Gang ~~eines solchen~~ des Versuches vom 3ten Februar 1904


| | | | |
|---|---|---|---|
| Um. 11h 0m ... n=206,3 | $n_z$ = 257,0 | $n_z$ = 156,0 | |
| | 1h 26m ... n=204,8 | 3h 55m ... 208,5 | 6h 14 ... 206,6 |
| | 1h 38m n 204,8 | 4h 20m ... 208,4 | 7h 15 ... 206,7 |

In der Entfernung H = 50 Sk.Th. = 4,05 mm. ~~zeigt sich dann~~ stösst also das Röhrchen R den Platincylinder um 1,8 Skalentheile ab entsprechend einer Kraft P ~~von~~ deren Grösse sich leicht berechnet aus:

$\frac{18}{2464}$ mm

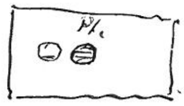
$$\frac{lP}{\tau} = \frac{z'-n}{2L}$$

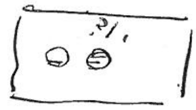
also:

$$\frac{20.P}{0,5} = \frac{1,8}{2464}$$

Abstossungskraft: $P = 0,000018_2$

Wiederholung der Versuches am 4ten Februar






$n_2 = 238$

12h 0m  $n = 205,1$

12h 20m  " 205,05

$n_2 = 158$

1h 50  208,7

2h 40  208,9

4h 50m ··· 207,0

5h 8m  207,0

Also für $H = 40$ Sk. Th. = 3,2 mm.

Abstossungskraft: $P = 0,000018_8$

Das ~~Radium~~ pulverförmige Radiumpräparat lag bei diesen Versuchen längs dem Röhrchen am Boden derselben ~~am Boden des Röhrchens~~, ~~also~~ verstreut also um etwa 2 m.m. unter der Achse des Platincylinders.

## Versuch Nr 2.

Alles wie bei Versuch Nr 1 mit dem Unterschiede dass das Radiumröhrchen um etwa 3 Millimeter über den Platincylinder geschoben wurde:


6ten Febr. Vm. 8h 37m n = 207,6

$n_2 = 164$
9h 29m ... n = 205,8
10h 18m .. n = 205,8

$n_2 = 246,4$
10h 56m ... n = 210,8
11h 57m .. n = 210,9

12h 30m n = 207,6

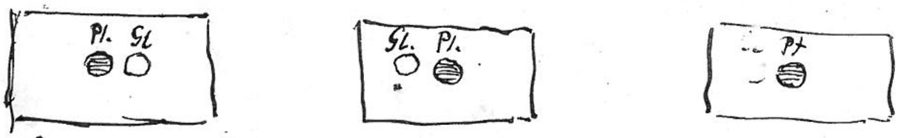
Also bei H = 41 Sk.Th. = 3,2 mm. zieht das Röhrchen den Platincylinder um 2,5 Skalentheile an mit der

Anziehungskraft $P = 0,000025_3$

~~Widerholung~~

Versuch No. 3.

Statt der das Radiumpräparat enthaltenden Röhre wurde eine ~~gleiche~~ leere Glasröhre (G) gleicher Form und Grösse wie bei Versuch No 1 in das Instrumentengehäuse gebracht.




~~4 Febr. No. 7~~
$n_2 = 172$
4 Febr. Nachm. 7h.20 ... n = 207,3
" 8h 10 ... " 207,3

$n_2 = 236$
10h 35 ... n = 207,05

~~$n_2 = 236$~~
~~10h 35~~ ... n = 207,10
12h 0m

Es zeigen sich nur Spuren einer Abstossung, welche

Um jeden Zweifel ~~bezüglich~~ in dieser hochwichtigen Frage ~~zu heben~~ ~~aufzuheben~~ aufheben ~~auszuschliessen~~ zu können haben wir die Wirkung eines Glasröhrchens untersucht, welches nicht nur ~~ungefähr~~ der Form und der Masse nach ~~wie das~~ gleich dem Radiumröhrchen war, sondern auch ~~d~~ wie dieses ~~gleiche Wärme~~ beständig ~~gleiche~~ Wärme~~mengen wie dieses~~ ausstrahlte. In das Glasröhrchen wurde ein kurzes Stück Platindraht von 0,04 m.m. Durchmesser mit dem El. Widerstande von 1,41 Ohm ~~geführt~~ eingeschmolzen und dann durch ~~den~~ einen Strom von entsprechender Intensität erwärmt.

Vorangieng eine ~~sorg~~ sorgfältiger ~~Bestimmung der von dem Radiumröhrchen ausgestrahlten Wärmemenge mit Hülfe ... welche durch ...~~ durch ~~thermoelektrischen~~ Vergleich der ~~vom~~ ~~diesen~~ Wärmemengen welche durch den Strom erwärmtes ~~und~~ Röhrchen und das Radiumröhrchen in gleichen Zeiten ausstrahlten. Ein solcher Vergleich ~~durch~~ mit Hülfe thermoelektrischer Methoden ausgeführt ergab als Resultat dass ~~die~~ unser Radiumpräparat in der Stunde 0,169 gr. Calorien ausstrahlte, Abstossungen, die sich ~~verlaufend~~ in den Versuchen 1 und 2 kundgaben nicht von einer spezifischen mechanischen Wirkung des Radiumpräparates und auch nicht von einer Absorption der Erdanziehung ~~[illegible]~~ hervorgerufen wurden, sondern lediglich die Folge thermischer Einwirkungen waren ~~und~~ welche hauptsächlich durch Erwärmung der Luft ~~in~~ ~~[illegible]~~ ~~mechanische Tätigkeit [illegible]~~ mechanisch tätig werden ~~erschienen~~.

~~Ich wir glauben uns~~

~~Ge~~ Das benützte Radiumpräparat von etwa 10 milligramm Gewicht übte also auf den Drehwaagebalken in der Entfernung von etwa 4 millimeter gewiss keine spezifische anziehende oder abstossende Kraft aus, die die Grösse ~~der~~ einer Einheit der Ordnung $10^{-6}$ C.G.S. erreichen würde. Auch konnte keine Spur einer absorbierenden Wirkung ~~[illegible]~~ der Erdanziehung erkannt werden.