DIE GRAVITATIONS-CONSTANTE, DIE MASSE UND MITTLERE DICHTE DER ERDE

NACH EINER NEUEN EXPERIMENTELLEN BESTIMMUNG

VON

DR. PHIL. ET THEOL. CARL BRAUN, S. J.

IN MARIASCHEIN IN BÖHMEN.

(Mit 3 Tafeln und 8 Textfiguren.)

(VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 11. JUNI 1896.)

Vorwort.

Die folgende Arbeit wurde von mir unternommen, hauptsächlich weil ich durch Schwerhörigkeit verhindert wurde, meine frühere Thätigkeit als Physik-Lehrer fortzusetzen, oder in anderer Weise eine gedeihliche Wirksamkeit zu entfalten, und weil ich doch ein lebhaftes Verlangen hegte, meine letzten Jahre in einer für die Wissenschaft nützlichen Weise auszufüllen. Ich wählte gerade diese Arbeit, weil ich für feine Messungen durch vieljährige Übung einiges Geschick erlangt zu haben glaubte, und weil ich auch einige für dieselbe vortheilhafte Gedanken gefasst hatte, welche ich gern realisiren wollte.

Bereits vor etwa zehn Jahren begann ich, mich mit praktischen Vorstudien für diese Untersuchungen zu befassen. Ich verschaffte mir möglichst dünne Suspensionsdrähte, die mir von L. Hüttlinger in Schwabach bei Nürnberg in vorzüglicher Qualität geliefert wurden (drei Rollen, gratis! aus Liebe zur Wissenschaft), bestimmte deren Tragfähigkeit, und darauf gestützt machte ich präliminäre Rechnungen, um zu sehen, ob sich eine Wahrscheinlichkeit für günstige Resultate herausstelle. Da sich durchwegs günstige Aussichten zeigten, schritt ich gegen Ende 1887 zur Ausführung. Ich ging dabei von der Ansicht aus, dass so delicate Messungen mit einer gewissen Ruhe und Ungestörtheit ausgeführt werden müssen, während ich auf Langwierigkeit der Operationen und auf Schwierigkeit der Berechnungen weniger Rücksicht nahm. Der Apparat sollte deshalb im Zimmer aufgestellt werden, und nicht etwa in einem tiefen Keller oder Schacht. Dadurch wurde es aber nothwendig, dass der empfindlichste Theil des Apparates im Vacuum aufgestellt wurde. Deshalb war eine meiner ersten Bestellungen ein geeigneter hoher Recipient oder Glocke mit Glasteller, über welche ich den Conto vom März 1888 noch bewahre. Ich erwähne dies, um zu zeigen, dass ich diese Idee der Verwendung des Vacuum's nicht etwa aus Prof. Boy's Arbeiten (cf. »Nature«, vol. 41, p. 159) entlehnt habe, da diese erst viel später, und in Hinsicht auf das Vacuum auch ohne Erfolg angestellt wurden. Die circa 1 *m* hohe Glasglocke wurde mir von der Glasinstrumentenfabrik von Alt und Eberhart in Ilmenau in vorzüglicher Qualität geliefert, nachdem näher gelegene Institute mir zu ungünstige Bedingungen gestellt hatten.

Die übrigen Theile des Apparates musste ich zu sehr grossem Theil eigenhändig herstellen, theils weil ein Fein-Mechaniker in der Nähe nicht zu finden war, und wegen der Eigenartigkeit des Apparates das Hin- und Hersenden nach Prag oder Wien zu schwierig geworden wäre, theils auch aus pecuniären Rücksichten. Deshalb, und auch weil die Gesundheit oft viel zu wünschen liess, hat sich die Arbeit, die ich in 5 bis 6 Jahren zu vollenden hoffte, weit länger hinausgezogen. Einen wichtigen Theil derselben, die Durchführung derselben Experimente mit einem Suspensionsfaden aus Quarz, konnte ich gar nicht mehr in Angriff nehmen. Und auch von den übrigen Arbeiten konnten einige Einzelheiten, namentlich die Ablesung aller Chronographen-Streifen und die genauere Bestimmung der Gewichte der einzelnen Resultate noch nicht durchgeführt werden. Dennoch veröffentliche ich die Arbeit jetzt, weil ich begründete Furcht hege, dass sonst aus der Veröffentlichung gar nichts werden könnte. Ich denke dann noch nachträglich manche Einzelheiten mit mehr Muse durchzuarbeiten und später als »Supplement« nachzutragen.

Eine (ordinäre) Luftpumpe konnte ich erst Ende 1889 acquiriren. Bis dahin machte ich indess zahlreiche Beobachtungen unter vollem Luftdruck. Trotz der mehrfachen Umhüllung des Apparates konnte aber damit kein gutes Resultat erzielt werden; und nur die besseren dieser Beobachtungen können eine Genauigkeit auf ca. 2 Procent bieten. Anno 1890 begann ich mit verdünnter Luft zu arbeiten; und die Beobachtungen wurden bei weitem besser. Doch ging ich zunächst nicht unter ca. 9 *cm* Luftdruck herunter, und mit dieser Evacuirung machte ich sehr zahlreiche Beobachtungen. Ich liess mich dabei von dem Gedanken leiten, dass bei Herstellung eines höheren Vacuum's Gefahr entstünde, dass der Glasteller unter dem enormen Druck von ca. 11 Centner brechen könnte, und ich dann gar keine Beobachtungen haben würde. Erst im März 1892 pumpte ich noch weiter; aber bei ca. 17 *mm* machte ich wieder Halt, theils aus demselben Grund, theils weil die Luftpumpe nicht weiter reichte. Ende 1892 begann ich mir eine Quecksilber-Luftpumpe herzustellen, und auch a. 1893 hatte ich noch damit zu thun. Erst im Sommer 1894 machte ich wieder zahlreiche Beobachtungen mit Evacuirungen auf 5, 3 und 2 *mm*.

In gegenwärtiger Abhandlung befasse ich mich nur mit den letzteren Beobachtungs-Serien, nämlich a. 1892 unter ca. 16 *mm*, und a. 1894 unter ca. 4 *mm* Luftdruck. Die vielen früheren Beobachtungen unter 8 bis 9 *cm* Luftdruck denke ich noch nachträglich zu bearbeiten, da sie doch sicher noch sehr brauchbare Resultate liefern werden.

I. Einleitung.

1. Von den drei Grössen 1° Gravitations-Constante *(C)*, 2° Masse der Erde *(M)*, 3° mittlere Dichte der Erde *(D)* ist die erstere in wissenschaftlicher Hinsicht die wichtigste, sofern sie die Constante für ein allgemeines Naturgesetz ist und wahrscheinlich im ganzen Universum Geltung hat. Auch hat sie den Vortheil, dass sie aus den Beobachtungen direct abgeleitet wird, unabhängig von anderen empirischen Quantitäten. Auch die zweite *(M)* ist von grosser wissenschaftlicher Wichtigkeit, da durch sie ein einheitliches allgemeines Massen-System hergestellt wird, so dass sowohl irdische als kosmische Massen mit demselben Gemäss gemessen erscheinen. Doch kann M aus C nur unter Annahme bestimmter Dimensionen des Erd-Sphäroides und des durch Beobachtungen ermittelten Werthes der Schwerkraft berechnet werden; und beides ist bekanntlich noch immer mit namhaften Unsicherheiten behaftet. Die dritte Grösse *(D)* ist noch mehr von diesen Quantitäten abhängig und ist eigentlich von geringerer Wichtigkeit.

Dennoch ist es einmal Usus geworden, bei diesen Untersuchungen die mittlere Dichte der Erde *(D)* als das eigentlich erstrebte Ziel anzusehen. Wir werden diesem Usus folgen, und bei allen einzelnen Bestimmungen das D als Resultat ansehen. Nach genauer Ermittlung des D können dann M und C leicht berechnet werden.

Die genaueren numerischen Beziehungen ergeben sich wie folgt. Wäre die Erde eine ruhende Kugel, dann würden die Gleichungen $M = V.D$, und $g = MC:R^2$ genügen, wenn V das Volum der Erde bedeutet. Bei einem rotirenden Sphäroid muss aber alles auf den Parallel bezogen werden, dessen Breite

φ den Sinus $= \sqrt{1/_3}$ hat. Für diesen findet man nun aus den besten seitherigen Schwerebestimmungen I.
$g_\varphi = 9{\cdot}79780^m$. Für die Dimensionen der Erde nehme ich nach den besten neueren Bestimmungen an $a = 6'378200^m$, $b = 6'356510^m$; woraus der Radius für jene Breite $\rho_\varphi = 6'371011^m$ folgt, und die Wirkung der Fliehkraft auf die Schwerkraft daselbst $= -0{\cdot}0226363^m$, folglich das corrigirte $G_\varphi = 9{\cdot}820436^m$. Das Volum ergibt sich $= V = 4a^2b\pi : 3 = 1083'''187000$ Billionen m^3. Sonach haben wir dann $M = V.D$, und $G_\varphi = M.C : \rho_\varphi^2$; womit von den drei Grössen C, M, D je zwei berechnet werden können, wenn die dritte gegeben ist. Insbesondere gilt für C und D die Gleichung $G_\varphi . \rho_\varphi^2 : V = D\ C = 0{\cdot}0000003679{\cdot}967$; oder $\log. D + \log. C = 3{\cdot}5658439 - 10$.

Bei meinen Arbeiten verfuhr ich nun so, dass ich ein bestimmtes angenähert richtiges C den Rechnungen zu Grund legte, und damit die am Apparat zu erwartenden Wirkungen berechnete. Ich nahm an $C = 661{\cdot}9641 . 10^{-10}$ ($\log C = 2{\cdot}8208344 - 10$) im *C. G. S.*-System; welchem nach obigen Formeln entspricht $D = 5{\cdot}559164$, was unser präliminirter Werth für D ist.[1] Die beobachteten Wirkungen weichen nun von den berechneten ein wenig ab (im Mittel sind sie um etwa $1/_2$ Procent stärker, wie in Abschnitt V gezeigt werden wird). Daraus kann dann leicht der wahre Werth gefunden werden, indem derselbe im gleichen Verhältniss kleiner ist als jenes D; während das wahre C um den gleichen Bruchtheil grösser ist als das oben angegebene.

II. Apparate.

a) Der Hauptapparat.

In einer Ecke meines allseits von soliden Mauern umschlossenen gewölbten ca. 4 *m* hohen Wohn- II. *a*.
zimmers liess ich in etwa 110 *cm* Höhe eine Steinplatte in Gestalt eines Quadranten von 63 *cm* Halbmesser einmauern (*F* in Fig. 1 u. 2, Taf. I u. Fig. 4, Taf. II). Dieselbe hat vier Durchbohrungen, von denen drei ein gleichseitiges Dreieck von ca. 33 *cm* Seite bilden, während die vierte zwischen den beiden vorderen sich befindet. In jedem jener drei Löcher ist ein ca. 14 *mm* starkes Eisen eingegypst (*e* in Fig. 2 u. 4) und von unten fest verschraubt. Gegen oben ragen diese Eisen ca. 7 *cm* hervor, und dieser Theil ist durchaus als Schraube geschnitten, auf welcher je vier Muttern stecken. Die zwei obersten von diesen fassen zwischen sich je eine von drei rechtwinkelig »gekröpften« Flantschen (*f* in Fig. 2), welche an einem grossen flachen Ring aus Eisen festgeniethet sind. Dieser Ring hat einen gegen oben vorstehenden Rand; und innerhalb desselben liegt der ca. 30 *cm* im Durchmesser haltende Glasteller *(T)* auf dem Ring auf, über welchem die Drehwage und die Glasglocke aufgestellt sind.

Die Drehwage ist aus Messingrohren zusammengesetzt, indem an ein fast 3 *cm* weites starkwandiges axiales Rohr drei dünnwandige Rohre als Beine sehr solid angelöthet sind. In dem axialen Rohr dieses »Tripod« steckt drehbar ein zweites, und in dessen oberem Theil ein drittes, welches mit seinem oberen Ende bis ca. 94 *cm* über den Glasteller reicht. In diesem ist endlich noch ein verschiebbares Röhrchen angebracht, an dessen oberem Ende, ca. 104 *cm* über dem Teller, der feine Suspensionsdraht in geeigneter Weise befestigt ist. Dieser geht durch die Axe des Instrumentes abwärts und trägt unten, ca. 7 *cm* über dem Teller, den Querarm oder Hebel, an welchem die vergoldeten Kugeln *m* in ca. 12·3 *cm* Abstand vom Centrum aufgehängt sind. Dieser Arm, wie auch die beiden Kugeln sind vollkommen eisenfrei, um die Störungen zu vermeiden, welche sonst der Magnetismus der Erde und der Massen bewirken würde. Der Arm (Fig. 5, Taf. II) ist aus Kupferdrähten von 2 *mm* und 1 *mm* Dicke zusammengesetzt, so dass sein Trägheitsmoment, wie auch die Gravitationseffecte genau berechnet werden können. Um seine Stellung

[1] Es besteht da noch einige Unsicherheit. Aus sehr zahlreichen Formeln fand ich im Mittel $g_\varphi = 9{\cdot}797547^m$; Faye gibt an $9{\cdot}797797^m$, und die neueren Schwerebestimmungen mit verbesserten Apparaten nach Defforges geben $9{\cdot}79833^m$. Ich nahm deshalb einen Mittelwerth an $g_\varphi = 9{\cdot}79780^m$. Ebenso weichen die neueren Dimensionen der Erde von den bis noch vor Kurzem als massgebend angesehenen nach Listing ($a = 6{\cdot}377377^m$, $b = 6{\cdot}355270^m$) erheblich ab. Nach den Listing'schen Dimensionen würde aus dem angenommenen C das präliminirte $D = 5{\cdot}559881$ folgen. Und wenn die neueren Schwerebestimmungen nach Defforges sich bestätigen, dann würde $D = 5{\cdot}559464$ sich ergeben. Es würden sich dann für das von uns zu bestimmende D noch sehr einfache kleine Correctionen ergeben ($+0{\cdot}000717$, resp. $+0{\cdot}000300$).

II. a. justiren zu können, so dass sowohl die beiden Kugeln m' und m'' in gleicher Höhe hangen, als auch der Spiegel in der Mitte genau vertical stehe, sind am oberen Theil der Axe des Armes zwei Streifen aus ca. $1^1/_2$ *mm* starkem Ebonit (E', E'') angebracht. Indem man dieselben um die Centralschraube dreht, kann man dem Arm ein beliebig starkes Übergewicht gegen ein beliebiges Azimuth hin geben, ohne dass durch eine solche Justirung das Trägheitsmoment des Armes die geringste Änderung erlitte.

In ca. 80 *cm* Höhe über dem Stein ist eine sehr starke Holzplatte *(H)* auf drei in der Mauer eingegypsten Eisen festgeschraubt, welche den ganzen Schrein quer ausfüllt. In dieser ist concentrisch zur Drehwage eine runde Öffnung ausgesägt von ca. 44 *cm* Durchmesser, und darauf liegt eine grosse runde Scheibe aus 6 *mm* starkem Zinkblech in Gestalt eines breiten Ringes von 52 *cm* äusserem und 31 *cm* innerem Durchmesser. Dieselbe ist zwischen justirbaren Führungen (F in Fig. 4) leicht drehbar, und um die Drehung zu erleichtern, ruht sie auf vier Frictionsrollen. Am Rand trägt sie eine Kreistheilung, welche ich selbst mit einer Theilmaschine herstellte. Sie war für zwei Nonien entworfen und hätte dann eine Genauigkeit bis auf 30″ gewährt. Doch begnügte ich mich, weil die Arbeit zu gross wurde, mit einem vorne angebrachten Nonius, womit ich eine Genauigkeit bis auf ca. 3′ erreiche, was ich für ausreichend halte.

An dieser Zinkscheibe nun hangen mittels $^1/_2$ *mm* dicker Eisendrähte die beiden Massen, welche durch ihre Anziehungskraft auf die kleinen Kugeln der Drehwage einwirken. Solcher Massen kamen zwei Paare in Verwendung. Das erste ist aus Messing gegossen und das Gewicht ist 5159·0 *g* und respective 5090·5 *g*. Um aber die Fehler zu vermeiden, welche durch innere Hohlräume entstehen könnten, und auch um schwerere Massen einwirken zu lassen, liess ich zwei eiserne Hohlkugeln von ca. 112 *mm* äusserem Durchmesser herstellen, welche ich im ausgepumpten Zustand mit Quecksilber füllte (cf. Taf. II, Fig. 6). Dieselben wiegen im Mittel je 9·15 *kg*. Sie hangen an je zwei auf der Zinkscheibe aufliegenden, verschiebbaren und fixirbaren Schlitten aus 6 *mm* starkem Zinkblech (I und II in Fig. 4). Dadurch kann die Distanz der Massen nach Bedarf von 38 *cm* bis 43 *cm* justirt werden; und ebenso können beide Massen circular verschoben und fixirt werden, so dass ihre Verbindungslinie genau durch das Centrum geht. Die Drähte, welche die Massen tragen, sind nicht unmittelbar an die oberen Schlitten befestigt, sondern an diesen fest ist zunächst ein ca. 6 *cm* langer breiter Streifen aus sehr dünnem Messingblech. Unter diesem ist eine Vorrichtung angebracht, durch welche die Höhe der Massen mittelst Schrauben genau regulirt werden kann. Daran ist dann der ca. 40 *cm* lange Draht befestigt, welcher unten einen soliden Doppelhaken (H) trägt, in welchen die Massen eingehängt werden.

Wird nun die richtig justirte Zinkscheibe auf das Azimuth = 0 eingestellt, dann stehen die vier Massen M', M'', m', m'' in einer geraden Linie (»Nullstellung«). Es gibt dann keine Ablenkung, wohl aber eine Beschleunigung der Schwingungen. Wird aber die Scheibe schief gestellt, dann wirken die Massen ablenkend auf den Arm mit den Kugeln ein. Beide Effecte können zur Berechnung von C verwendet werden; und so können also mit demselben Apparat zwei verschiedene Methoden für die Bestimmung der Gravitations-Constante ausgeführt werden (cf. Abschnitt III).

Da der Apparat überaus empfindlich ist, muss er mit der grössten Sorgfalt vor Temperaturschwankungen während der Beobachtungen geschützt werden, weil durch dieselben Luftströmungen unter der Glocke entstehen würden. Zu diesem Zweck dient ausser der Glasglocke noch ein dieselbe umhüllender Mantel aus Zeug und darüber eine aus einigen Stücken zusammengesetzte Hülle aus Blech, wie es in Fig. 1, Taf. I angedeutet ist. Diese bietet ausserdem auch noch den Vortheil, dass etwaige elektrische Einflüsse abgehalten werden. Endlich dient zu dem gleichen Zweck auch der Schrein, welcher das Ganze umgibt. Derselbe ist mit »Bankeisen« an den Wänden befestigt, ohne irgend einen Theil des Apparates zu berühren. Drei übereinander stehende Thüren (I, II, III, Fig. 2) schliessen denselben vollständig. In der mittleren ist unten eine Lucke ($\ddot{O}$ in Fig. 2), in welcher die vordersten Bestandtheile der optischen Vorrichtungen ein wenig hervorragen, so dass während der Beobachtungen die Thüren selbst geschlossen bleiben können. Auch die Beobachtungslucke ist in geeigneter Weise mit Blech und Tuch geschlossen, so dass auch da keine Luftströmung eindringen kann. Vor dieser Beobachtungsöffnung ist ein kleiner Kasten aus Holz befestigt, welcher ausser der Zeit der Beobachtung geschlossen ist. Die mittlere Thüre reicht oben bis zu der Holzplatte H, auf welcher die Zinkscheibe Z aufliegt (Fig. 2). Der Zwischenraum beträgt kaum $1 \cdot 5$ *cm*, und indem dieser durch weiche Zwischenlagen ausgefüllt wurde, konnte der oberste Theil gegen den mittleren so abgeschlossen werden, dass keine Luftströmung herabgelangen kann. II. *a*.

Um nun die Stellung und Bewegung des Wagearmes genau beobachten zu können, dient eine Scala und Ablesevorrichtung, deren Einrichtung nothwendig etwas complicirt sein musste. Von vorneherein war nämlich darauf zu verzichten, mit einem Fernrohr durch die Glasglocke selbst den Arm der Wage zu beobachten. Ich liess deshalb den dicken Glasteller mit gut geschliffenen Spiegelflächen anfertigen, um durch diesen hindurch die optische Verbindung herzustellen. Die dazu dienende Vorrichtung befindet sich mit ihren Haupttheilen auf einer grossen Zinkplatte (Z' in Fig. 2) von 6 *mm* Dicke, welche auf dem Stein aufliegt, leicht aus- und eingeschoben, und durch die untersten Muttern der drei Fussschrauben festgeschraubt werden kann. Auf dem hinteren Theil dieser Platte ist ein gegen vorne offener Kasten (K) aus $1 \cdot 5$ *mm* starkem Zinkblech befestigt, innerhalb dessen ein Reflexionsprisma (P) angebracht ist, justirbar in Azimuth und Neigung. Oberhalb desselben hat der Kasten eine Öffnung und darüber liegt in geeigneter Fassung befestigt ein achromatisches Objectiv (O) von 35 *mm* Öffnung und 46 *cm* Focaldistanz. Senkrecht darüber, aber innerhalb der Glocke, steht ein planparalleler Spiegel (S) von ca. 5 *cm* Durchmesser unter 45° Neigung, solid und justirbar mit dem Tripod der Drehwage verbunden. An dem Wagearm selbst ist aber ein Steinheil'scher Planparallelspiegel (s) von 33 *mm* Durchmesser und ca. $0 \cdot 7$ *mm* Dicke vertical befestigt. — Gegen den Beobachter zu liegt auf der Zinkplatte Z' eine kleinere Platte (l) aus 2 *mm* starkem Messingblech. Diese trägt ebenfalls einen Kasten (K') aus Messingblech, welcher gegen hinten offen ist; und in diesem ist vorne ein ca. 6 *cm* langer Streifen aus Spiegelglas (σ) unter 45° Neigung befestigt, ebenfalls justirbar in Azimuth und Neigung. Gerade unter diesem sind beide Platten durchbrochen, und über der Öffnung liegt auf der Messingplatte befestigt eine Glasscala s' (Scala I), welche aber nur aus drei eingeritzten Kreuzen oder Indices besteht. Gegen den Beobachter steht auf derselben Messingplatte aufrecht eine Platte p, welche in der Höhe des Reflexionsprismas P eine ca. 6 *cm* lange, 12 *mm* hohe Öffnung hat, hinter welcher die eigentliche Beobachtungsscala s'' (Scala II) befestigt ist. Unmittelbar vor dieser Platte steht die Vorderwand des Kastens K', in welcher eine ebensolche Öffnung sich befindet, während auf ihrer Vorderseite eine Ableselupe angebracht ist, in einer Weise, welche eine Verschiebung derselben parallel der Scala leicht und sicher zu bewirken gestattet.

Durch einige weitere Spiegel und Linsen ist nun dafür gesorgt, dass vom Fenster her Licht durch eine in der Thüre des Schreins befindliche kleine mit Glas verschlossene Öffnung auf einen 45°-Spiegel (g'') fällt, welcher dasselbe von unten auf die Indexscala s' wirft. Die Strahlen gehen durch dieselbe auf den 45°-Spiegel σ und von da zu dem Reflexionsprisma P, dann durch das Objectiv O und den Glasteller T zu dem 45°-Spiegel S, und werden von diesem auf den verticalen Spiegel s des Armes geworfen. Von diesem gehen sie nun zurück, werden aber von dem Reflexionsprisma P ein wenig oberhalb des 45°-Spiegels σ vorbei auf die Beobachtungsscala s'' geworfen. Gerade auf dieser stellt sich nun auch das durch das Objectiv O erzeugte Bild der Indexkreuze dar, so dass man mit der Lupe die Scalentheile und gleichzeitig zwischen diesen vollkommen scharfe »Fadenkreuze« erblickt. Die Messingplatte L kann auf der Zinkplatte Z' ein wenig verschoben und die Stellung an zwei Nonien genau abgelesen werden, so dass eine genaue »Focussirung« geschehen kann. Da bei diesen Vorgängen das Tageslicht 12mal reflectirt und an 48 Glasflächen gebrochen wird und einen Weg von ca. 18 *cm* durch Glas gehen muss, war ich sehr in Sorgen, dass das Licht zu stark abgeschwächt werden würde. Allein ich fand, dass selbst an nur mässig hellen Tagen das Tageslicht vollkommen ausreicht, um eine sehr helle scharfe Ablesung zu gestatten. Für die sehr trüben und kurzen Wintertage habe ich aber noch eine Vorrichtung construirt, bei welcher mittelst eines anderen Einlassspiegels das Licht einer ca. 2 5 *m* entfernten Petroleumlampe (6 Kerzen stark) in dieselbe Bahn eingeführt werden kann. Die Beleuchtung ist dann noch viel intensiver und überraschend schön.

Die Scala (s'') selbst besteht aus eingeritzten Strichen. Ich besitze ein hiefür recht geeignetes kleines Theilmaschinchen, welches vortreffliche Glasscalen herzustellen gestattet, mit einer Genauigkeit, welche

II. *a.* sicher über $^1/_{300}$ *mm* hinausgeht. Ich stellte die Scala so her, dass 1 pars angenähert einer Ablenkung des Armes um 0·001 »radian« (wie man in England sagt), d. i. um ca. 3·437 Bogenminuten entspricht. Diese Theilung schien mir zweckmässiger, als eine nach Graden und Minuten verlaufende, namentlich z. B. in Hinsicht auf die Reduction der Schwingungszeiten auf unendlich kleine Bogen. Doch traf ich den Werth nicht genau; derselbe ist vielmehr = ca. 3·46′ (cf. inf. II. c. 7).

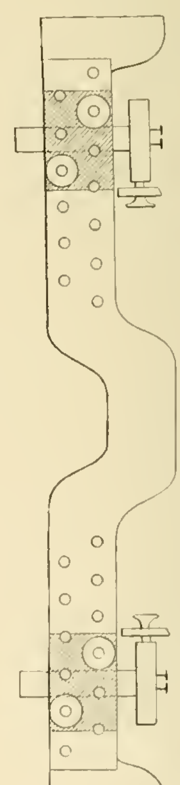
Der Umfang der Scala ist für den Zweck ganz ausreichend. Die Mitte derselben bezeichnete ich mit »60«, und die Theilung reicht von 33 bis 90, umfasst also 57.3·46′ oder 3°17′. Um sie noch zu erweitern, machte ich eben auf Scala I nicht ein Kreuz, sondern drei, im gegenseitigen Abstand von ca. 15 *p*. So kann mit $X_{/}$ noch bis ca. 105 *p*, und mit $X_{///}$ bis ca. 18 *p* beobachtet werden. Der Umfang beträgt sonach ca. 87 $p = 5°$, und zwar für die Drehung des Wagearmes gerechnet, während der eigentliche Winkelwerth der Scala das Doppelte, d. h. 10° beträgt.

b) Nebenapparate und deren Verwendung.

II. *b.* Eine Menge von Nebenapparaten, deren Herstellung zum Theil sehr zeitraubende mühsame Arbeiten erforderte, war nothwendig, theils um die Constanten des Apparates genau zu bestimmen, theils um die richtige Stellung einzelner Theile verificiren und die Abweichung von der normalen messen zu können.

1. Um die Distanz (*AB*) der beiden Massen (*M*) genau zu messen, construirte ich ein Instrument, welches als »optischer Stangenzirkel« bezeichnet werden könnte. Zwei passend gestaltete Holzleisten (Fig. 1) sind mit zwei Reihen correspondirender Löcher versehen, und können mittelst durchgesteckter grosser »Holzschrauben« und darauf sitzender Muttern gegen einander gepresst werden. Zwischen denselben befinden sich zwei Paare kurzer Holzklötzchen oder »Backen«, deren jedes auf der inneren Seite einen genau ausgedrehten Kanal besitzt, in welchen ein kleines Ablesemikroskop eingelegt und festgeschraubt werden kann. Das Ganze wird auf einer starken, geeignet befestigten Holzleiste aufgelegt, die Holzbacken so gestellt und beides festgeschraubt, so dass in jedem Mikroskop einer von den beiden Drähten, welche die Massen tragen, scharf sichtbar ist. Diese Mikroskope hatte ich schon früher vom Mechaniker E. Hartmann (damals in Würzburg) bezogen. Sowohl das feste als das bewegliche Fadensystem besteht aus einem verticalen Faden und einem 60°-Fadenkreuz. Der Schraubenkopf ist in 100 Theile getheilt, und nahezu 10 Umdrehungen gehen auf 1 *mm*. Es wurden nun beide beweglichen Fadenkreuze auf die linke (oder beide auf die rechte) Seite der Drähte eingestellt und der Stand der Schrauben notirt. Dann wurde die Vorrichtung von der Holzleiste losgeschraubt und auf einen etwas primitiven Comparator gelegt. Auf demselben wurde ein sehr guter Präcisions-Millimeterstab (den ich vor Jahren vom Mechaniker Breithaupt in Cassel für ein Magnetometer hatte fertigen lassen) befestigt, und die Theile so verschoben und fixirt, dass die Scala in beiden Mikroskopen scharf erschien. Nun wurde in jedem Mikroskop die Schraube rückwärts gedreht, bis das Fadenkreuz auf den vorhergehenden Millimeterstrich zeigte, und dann vorwärts bis der folgende einspielte. Danach ist es dann leicht zu berechnen, welchem Scalentheil die ursprüngliche Stellung der Fadenkreuze entspricht, wodurch die Distanz *AB* bestimmt ist. Mehrfach wiederholte Messungen zeigten, dass man recht gut bis auf $^1/_{400}$ *mm* genau messen kann.

Fig. 1.



2. Die Länge des Wagearmes, d. i. die Distanz *ab* der beiden Kugeln (*m*) wurde mit einem ganz ähnlichen, aber kürzeren Instrument gemessen, bei welchem aber die beiden Schienen aus sehr starkem Eisenblech hergestellt waren.

Die Messungen 1 wurden ausgeführt, ohne die Glocke zu entfernen, deshalb mussten die Holzschienen in der Mitte eine Ausbauchung haben. Die Messungen 2 konnten nur nach Abhebung der Glocke geschehen, aber wegen des vorderen Beines des Tripods war eine noch stärkere Ausbauchung nothwendig. II. *b*. Ebendeshalb wurde Eisen statt Holz verwendet.

3. Um die Schwingungen des Armes anregen zu können, stellte ich unter die Mitte desselben eine kleine Magnetnadel. Dieselbe ist nur schwach magnetisirt und trägt zwei aufwärts gerichtete Gabeln aus haarfeinem Messingdraht. Diese fassen den Arm mit ansehnlichem Zwischenraum zwischen sich, so dass er ungehindert grosse Schwingungen machen kann. Wird aber von aussen ein Magnet genähert, dann wird die Nadel abgelenkt, und die Gabeln üben einen sehr sanften Druck gegen den Arm aus, so dass er in Bewegung gesetzt wird.

Diese Vorrichtung functionirt sehr gut. Doch schien es mir, als ob die erste Schwingung nach einer solchen Anregung etwas weniger regelmässig verlief. Deshalb habe ich bei den späteren Beobachtungen diese Vorrichtung nicht mehr benützt. Ich stellte dann die Anregung durch die Anziehungskraft der schief gestellten Massen selbst her. Diese Anregung ist mehr als hinreichend, da schon der erste Ausschlag mehr als $1\frac{1}{2}°$ (= 26 p.) beträgt. Nur bedarf es mehr Geduld, da die Wirkung der Anziehung sehr langsam erfolgt.

4. Eine andere weit complicirtere Vorrichtung war nothwendig, um die Ruhelage des Armes genau auf der Mitte der Scala zu erhalten. Es ist bekannt, dass die Ruhelage eines an einem Draht suspendirten Körpers ganz bedeutende »Wanderungen« macht. Die wichtigste derselben ist eine sehr langsame stets in gleichem Sinn verlaufende »Detorsion«, welche von Tammen »die Wanderung der ersten Art« genannt wird (Repert. d. Phys. Bd. 18; Jahrb. d. Erfind. Bd. 23, 1887). Dieses beständige Abweichen der Ruhelage gegen eine Seite der Scala hätte die ganze Arbeit in unerträglicher Weise erschwert, ja unmöglich gemacht, wenn nicht eine eigene Vorrichtung gestatten würde, die Ruhelage auch unter der Glocke und im Vacuum mit Sicherheit zu justiren. Bei einem kleinen Apparat könnte dieser Zweck in einfacherer Weise erreicht werden. Aber für diesen Apparat musste ich eine Arbeit darauf verwenden, welche mich ein Vierteljahr lang beschäftigte.

Das mittlere von den drei oben (II. *a*; S. 5 [189] erwähnten axialen Rohren reicht etwa bis zu 80 *cm* über dem Glasteller und trägt daselbst einseitig eine starke, fast bis zur Wand der Glocke reichende Platte *p* (s. Fig. 2 und im Grundriss Fig. 3), mit welcher es auf dem äusseren Rohr aufliegt. In dieser Platte ist eine Öffnung ausgedreht, in welcher das Räderwerk einer alten Cylinderuhr befestigt ist, mit dem Zifferblatt gegen unten. Aus diesem Uhrwerk ist die Unruhe, das Cylinderrad und die Feder entfernt. Statt des Cylinderrädchens wurde ein neuer Trieb eingesetzt mit einem längeren gegen oben vorstehenden Zapfen. Auf diesem ist eine kleine Hülse aufgesteckt, welche eine fast 4 *cm* lange Magnetnadel (*m*) trägt. Wenn diese gedreht wird, dann dreht sich auch — aber äusserst langsam — das Federhaus der Uhr. Nun ist an diesem Federhaus ein starker Trieb (*T*) gut centrisch angenietet, welcher gegen oben circa 12 *mm* emporragt. Anderseits ist das dritte der axialen Rohre mit einem grossen Zahnrad (*R*) versehen, und dieses hat mit jenem Trieb genau passenden Eingriff. Wird also ausserhalb der Glocke ein Magnet genähert und um eine (horizontale) Axe in Drehungen versetzt, so wird dadurch die Magnetnadel im Inneren gedreht, und folglich auch das grosse Zahnrad und das innerste Rohr, welches den Suspensionskopf trägt.

Die Anzahl der Zähne des Triebes und des Rades wurde so gewählt, dass eine Bewegung des Minutenzeigers um eine Minute, eine Drehung des Suspensionskopfes gerade um 0·001, d. i. 1 pars der Scala bewirkt. Man würde also die Magnetnadel fast 63000 Mal drehen müssen, bis der Torsionskopf nur eine Drehung vollziehen würde. An Kraft wird aber bekanntlich in demselben Verhältniss gewonnen; und so kommt es, dass die geringe Kraft der Magnetnadel doch vollkommen hinreicht, um das Rad mit dem Suspensionskopf zu drehen.

Die schwierige Arbeit ist vollkommen gelungen; und es ist nun sehr leicht, die Mittellage des Wagearmes beliebig zu justiren. Steht z. B. der Index $X_{\prime\prime}$ auf 64 *p* anstatt 60 *p*, so wird mittelst des äusseren Magnetes die Magnetnadel im Inneren so lange gedreht, bis der Minuten- (und Secunden-)Zeiger um 4 Minuten verstellt erscheinen (zwei kleine Spiegel machen diese Ablesung sehr leicht), dann wird nachher ohne alles weitere Probiren und Nachhelfen, der Index $X_{\prime\prime}$ genau auf pars 60 zur Ruhe kommen.

II. *b.* Selbst bei grossen Correctionen um 20 bis 40 pars beträgt die Unsicherheit nur einen Bruchtheil von 1 pars.

Merkwürdig ist aber, wie diese »Wanderung« auch nach Jahren noch nicht zur Ruhe gekommen ist. Seit April 1890, da ich zum erstenmal evacuirte, bis Anfang 1895 hat dieselbe beständig stattgefunden, so dass dadurch nicht nur der Index ausserhalb der Scala gekommen wäre, sondern die ganze Länge der Scala mehr als 9mal wäre durchlaufen worden. Und noch immer ist diese Wanderung zu bemerken, so dass ich, wenn der Apparat einmal 2 bis 3 Monate ganz ruht, den Index $X_{,,}$ sicher bei 70 p finde, anstatt bei 60 p.

5. Um die Massen M und die Kugeln m genau in die gleiche Höhe zu bringen, construirte ich ein einfaches, aber zweckdienliches Kathetometer. An einer starken, mit drei klemmbaren Fussschrauben versehenen metallenen Platte (z in Fig. 2) wurde ein kräftiges, ca. 50 *cm* langes Messingrohr (a) befestigt. Auf diesem steckt mit strenger Reibung ein kurzes Rohr (b), mit einer randrirten Scheibe. Über diesem steckt leicht drehbar ein längeres Rohr (c), an welchem die Visirvorrichtung befestigt ist. Diese besteht aus einem reichlich 30 *cm* langen Rohr (R), welches am Ocularende einen horizontalen Spalt und am fernen Ende ein liegendes Fadenkreuz trägt, und dessen Horizontalität durch eine gut justirte Libelle controlirt und durch eine Schraube justirt werden kann. Auf c steht noch ein kurzes Rohr (d) mit einem tiefen Einschnitt, an dessen sehr schräger Seitenfläche ein Indexstrich eingerissen ist. Die Scala befindet sich an dem Rohr a. Dieses Instrument wird auf der sehr massiven Holzplanke (H_1) von unten festgeschraubt, welche ihrerseits durch eine sehr starke Schraube von unten an den Stein F befestigt wird. Da die Visuren nur auf kleine Distanzen (höchstens 60 *cm*) stattfinden, so kann bei mehrfach wiederholten Messungen eine Genauigkeit bis auf 0·2 *mm* sicher erreicht werden, was hinreichend ist.

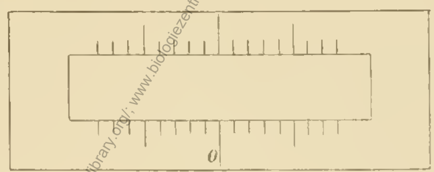
Die Messungen geschahen nun so: Es wurden die Höhen gemessen 1° von einem normalen Nullstrich an der Wand, 2° vom oberen und unteren Rand der Massen. Daraus ergibt sich dann, ob die Mittelpunkte in gleicher Höhe stehen, und nöthigenfalls kann leicht justirt werden. Solche Messungen können an den Massen M und an den Schalen (p. 22 [206] zu jeder Zeit gemacht werden. Um aber auch die Kugeln m leicht messen zu können, ohne die Glocke abzuheben, wurden noch zwei kleine Hilfsvorrichtungen auf dem Glasteller aufgestellt, welche aus einem zu diesem genau senkrechten Spiegelstreifen mit aufliegender Millimeterscala bestehen. Visirt man nun z. B. den oberen Rand einer Kugel so, dass dieser mit seinem Spiegelbild coïncidirt, so gibt die Scala daneben sofort die Höhe dieses Randes über dem Glasteller an. Ebenso wird mit dem unteren Rand verfahren, und mittelst des Kathetometers war diese Scala schon vorher mit dem Nullstrich an der Wand verglichen. Damit ist es dann leicht zu sehen, ob die Kugeln m in der richtigen Höhe sich befinden. Und diese Messung ist unabhängig von der Strahlenbrechung an der Glocke. Denn jene Visur, welche eine Kugel mit ihrem Spiegelbild verbindet, ist gänzlich unabhängig von jener Refraction. Ich hielt diese Vorrichtung für nothwendig, weil ich befürchtete, der fast 1 Meter lange feine Suspensionsdraht, welcher fast bis zur Festigkeitsgrenze belastet ist, könnte eine stärkere Dehnung erleiden. Ich habe indess nie eine bemerkenswerthe Dehnung wahrnehmen können, wenigstens während dieser späteren Jahre 1892 u. 1894.

6. Um die Excentricität des Centraldrahtes gegen das Centrum Z der Zinkscheibe bestimmen zu können, dienten besondere Vorrichtungen. Zunächst wurde eine starke ca. 8 *cm* breite Holzleiste (x in Fig. 2 u. 7) quer vor dem Apparat befestigt (mittelst sehr starker breiter Blechstreifen, welche zwischen zwei Muttern der Fussschrauben festgeklemmt wurden). Auf dieser Leiste gleitet ähnlich einer Reissschiene ein Stück y aus starkem Zinkblech, in welchem ein zur Leiste senkrechtes Lineal (v in Fig. 7, Taf. II) verschiebbar ist. Am hinteren Ende desselben sind einige Indexstriche (i, i', i'') und ein zum Visiren dienender Stift (e) angebracht, während am vorderen ein bogenförmiger Blechstreifen (w) mit drei Diopterspalten (n, n', n'') aufgesteckt ist. Man kann hiemit leicht visiren, sowohl auf den Centraldraht (F), als auf die Massen M (resp. auf Fäden mit Gewichten, welche statt der Massen eingehängt sind). Die jedesmalige Stellung von y kann an einer auf x angebrachten Scala abgelesen werden, und so ist es leicht, sowohl jene Excentricität, als auch die Abstände der Massen vom Centrum Z ($R_A = ZA$ und $R_B = ZB$) zu

bestimmen. (Um einen etwaigen, durch die Refraction am Glas entstehenden Fehler zu eliminiren, habe ich noch eine andere hievon unabhängige Methode angewendet. Dieselbe ergab aber, dass ein solcher Fehler nicht vorhanden war.) II. *b.*

7. Die Bestimmung der Quer-Excentricität im Sinne vorne-hinten war schwieriger und ist ziemlich complicirt. Hiezu dienten die seitlichen Indexstriche i und i'', welche durch einen auf c gesteckten 45°-Spiegel in gerade Visur gebracht wurden. Die Schiene y und v wurde nun so verschoben, dass die Fäden, welche die Massen M vertreten, gerade an i oder i'' erschienen, und der Stand des Lineales v an einer darauf mittelst einer Theilmaschine eingerissenen Scala abgelesen. Ferner wurde an der Glocke rechts und links je eine Art Fenster aus starkem Papier befestigt, welches (cf. Fig. 2) oben und unten mit einer Scala innen und aussen versehen ist. Nun wurden mittelst der Schiene v die Nullstriche dieser Scalen ebenso gemessen, wie vorher die Fäden der Massen. Damit ist bestimmt, um wie viel Millimeter die Mitte aus beiden Massen hinter der Mitte aus den beiden Nullstrichen steht. Endlich wurden auch die Kugeln m mit den Papierscalen verglichen. Mittelst zweier unter 45° im Azimuth gestellter Spiegel wurde durch die Öffnung eines Papierfensters und durch die Glocke hindurch eine Tangente an beiden Kugeln visirt und der Stand der Visur an beiden Scalen notirt. In dieser Weise konnte ermittelt werden, um wie viele Millimeter der Centraldraht hinter den beiden Nullstrichen steht. Damit ist dann auch dessen Stellung in Bezug auf das Centrum Z bestimmt, was eben die Quer-Excentricität ist.

Fig. 2.



Die Messungen ergaben, dass beide Excentricitäten leider viel grösser waren, als ich nach den sorgfältig gemachten Einstellungen erwarten konnte. Die Ursache hievon ist ohne Zweifel darin zu suchen dass ich nach gemachter richtiger Einstellung die Muttern an den Fussschrauben zu fest anzog, wodurch eine starke schiefe Klemmung entstanden sein wird. Es wurden deshalb ansehnliche Correctionen nothwendig. (v. inf. IV.)

8. Aus diesen selben Messungen ergibt sich auch der »Azimuthalfehler«, d. h. die Schiefe des Armes ab gegen die Verbindungslinie AB der Massen. Es ist klar, dass aus den in 7. angeführten Messungen leicht gefunden werden kann, um wie viel *a.* die Verbindungslinie AB der Massen im Azimuth abweicht von der Richtung der Holzschiene x; ebenso *b.* die Verbindungslinie der Nullstriche der Papierscalen von dieser Schiene; und endlich *c.* die Richtung ab des Armes von dieser Verbindungslinie. Daraus ergibt sich leicht der Winkel, den ab mit AB macht. Da aber ab nie ganz in Ruhe ist, so muss gleichzeitig mit c auch durch die Lupe L (Fig. 2) der Stand des Indexkreuzes $X_{,}$ an der Scala II abgelesen und alles auf pars 60 reducirt werden.

9. Als Normaluhr diente eine eigens angeschaffte Pendule, welche ganze (»reguläre«) Secunden schlägt. Um den Gang derselben beständig in Evidenz zu halten, wurden sehr häufige Zeitbestimmungen aus Sonnenhöhen ausgeführt. Hiezu diente ein kleiner Spiegelsextant mit Fernrohr und Quecksilberhorizont, an welchem direct einzelne Minuten abgelesen wurden, mit Schätzung auf $^1/_{10}$ Minute. Jede Zeitbestimmung umfasste 4 bis 8 Höhenmessungen. Die Genauigkeit ist für den Zweck vollkommen ausreichend, da die mittelst der Angaben des Nautical Almanac berechneten Resultate als auf 2 bis 3 Secunden sicher angesehen werden können, worüber ich mir durch vielfache Wiederholungen Gewissheit verschaffte. Da durchnittlich alle 8 bis 14 Tage eine Bestimmung gemacht wurde, so kann der Gang der Uhr als auf ca. 1 Secunde genau bekannt angenommen werden, was für diese Untersuchungen hinreicht.

10. Für diese Uhr beschaffte ich noch einen Chronographen, welchen mir die Herren Mayer und Wolf in Wien in einfacher, aber solider Ausführung um ca. 95 fl. lieferten. An der Uhr brachte ich dann noch einen elektrischen Contact an, nach der Construction, welche ich in den »Berichten von dem erzbischöfl. Haynald'schen Observatorium„ (Münster, Aschendorff, 1886), S. 126 angegeben habe. Und dazu machte ich auch die Hilfsvorrichtung, durch welche der 60. Punkt jeder Minute ausgelassen wird.

II. *b.* Ich fand, dass der Contact leider den Gang der Uhr alterirt, indem dieselbe bei eingeschaltetem Contact um ca. $^1/_2$ Minute schneller geht, was auf unvollkommene technische Ausführung zurückzuführen ist. Es blieb mir also nichts übrig, um einen constanten Gang zu haben, als den Contact immer eingeschaltet zu lassen. Indess überzeugte ich mich, dass dadurch der Gang der Uhr nicht merklich unsicherer wird. Nur einmal, Ende August 1894 zeigte der Gang der Uhr eine so übermässige Unregelmässigkeit, dass das Resultat der Beobachtung vom 26. August als zu unsicher verworfen werden musste.

11. Zum Evacuiren diente mir zuerst eine ordinäre Luftpumpe, wie sie Carré bei seinen Eismaschinen verwendet. Später stellte ich eine viel bessere Quecksilber-Luftpumpe her (cf. Fig. 1, Taf. I links und Taf. II, Fig. 4), mit welcher ich leicht ein Vacuum auf weniger als 1 *mm* erreichen konnte. Von besonderer Wichtigkeit hiefür ist aber die Vortrefflichkeit des Recipienten selbst. Der Teller ist nämlich nicht durchbrochen, sondern die Luft wird durch einen Glashahn am oberen Ende ausgesogen, so dass das Vacuum nur von Glas umschlossen ist. Diesem Umstand ist es zu danken, dass das Vacuum mehrere Jahre lang vollständig unverändert sich erhält.

12. Noch eine nebensächliche rein technische Weckvorrichtung stellte ich her. Die Beobachtungen sind nämlich überaus lästig und langwierig; aber unerträglich wären sie, wenn man jedesmal ca. $3^1/_2$ Stunden hindurch beständig gleichsam die Augen auf den Apparat gerichtet halten müsste. Denn zwischen den einzelnen Durchgängen ist jedesmal eine Pause von 6 bis 8 Minuten, welche so vielmal wiederholt, eine ansehnliche gänzlich verlorene Zeit ergeben würde. Und anderseits kann man diese Zeitabschnitte nicht für andere Arbeiten verwenden, ohne zu riskiren, dass manche Durchgänge versäumt würden. Wenn aber auch nur einer versäumt wird, ist die ganze Beobachtung gewöhnlich ganz verloren. Ich habe also (cf. Fig. 1, Taf. I rechts) eine Art Zifferblatt construirt, welches durch die Kette des Chronographen in 10 Minuten einmal umgedreht wird. Auf demselben stehen die Zahlen 1 bis 10, und ein Dreharm in der Richtung auf 10 gestattet das Zifferblatt beliebig zu drehen. Wenn dieser Dreharm an einer metallenen Zunge vorbeigeht, schliesst er den Strom für ein elektrisches Läutewerk. Will ich nun eine freie Zeit z. B. von 7 Minuten anderweitig verwenden, so drehe ich die Scheibe so, dass 7 neben der Zunge steht. Dann wird nach 7 Minuten das Läutewerk anfangen zu ertönen. Mit aller Ruhe kann inzwischen etwas Anderes gearbeitet werden. Gerade vor Beginn des nächsten Durchganges wird man sicher durch das Läutewerk aufmerksam gemacht, dass man wieder an das Ocular eilen muss.

13. Unter der Glocke ist ein Thermometer und ein abgekürztes Barometer an dem Tripod in ca. 40—70 *cm* Höhe über dem Glasteller angebracht. Für diese ist in den Umhüllungen eine entsprechende Öffnung gelassen, welche mit Glas geschlossen ist. In der Thüre befinden sich zwei kleine ebenfalls mit Glas verschlossene Öffnungen, deren eine dient, um mittelst eines kleinen drehbaren Spiegels Licht in den Schrein zu leiten, während durch das andere die Instrumente beobachtet werden. So kann bei völlig geschlossenem Apparat die Temperatur und der Luftdruck unter der Glocke von aussen leicht abgelesen werden.

c) Constanten des Apparates.

II. *c.* 1. Die Distanz AB der beiden Massen M wurde mittelst des oben (II. *b.* 1.) beschriebenen »optischen Stangenzirkels« oftmals gemessen. Mit grosser Übereinstimmung ergab sich $AB = 41\cdot7375\,cm + 0\cdot00123.(t° - 17°\,C.)$. Die Fehlergrenze ist sicher weit geringer als $0\cdot005\,mm$. Der mittlere Halbmesser ist also $R = \mathbf{20\cdot86875}\,cm \pm 0\cdot0002\,cm$. Aber die beiden Halbmesser sind nicht gleich, was in der oben (II. *b.* 6.) beschriebenen Weise constatirt wurde. Es ist R_A oder $R_I = 20\cdot93775\,cm$; R_B oder $R_{II} = 20\cdot79975\,cm$, wobei indess ein möglicher Fehler von etwa $0\cdot005\,cm$ nicht ausgeschlossen ist.

2. Die Distanz ab der beiden Kugeln m war vor den Beobachtungen nur mittelst eines Stangenzirkels gemessen worden, weil die genauere Vorrichtung (II. *b.* 2.) noch nicht hergestellt war. Erst zu Anfang 1895, nach Vollendung aller Beobachtungen, konnte die genaue Messung ausgeführt werden, und zwar an dem mit den Kugeln belasteten Arm, ohne dass dieser auch nur einen Moment aus der hangen-

den Lage gebracht worden wäre. Es ergab sich, dass jene früheren Messungen fast um $0\cdot 5\,mm$ fehlerhaft waren. Den genauen Werth fand ich an drei verschiedenen Tagen zu $24\cdot 6120\,cm$, $24\cdot 6131\,cm$, $24\cdot 6132\,cm$ bei ca. $17°$ C.; im Mittel ist also $ab = 24\cdot 6128\,cm$. Doch weil die Eisenschienen um ca. $^1/_3°$ von der Horizontalen abwichen, wurde $ab = 24\cdot 6123\,cm$ angenommen, somit der mittlere Halbmesser $cb = r = \mathbf{12\cdot 30615}\,cm$. Die beiden Halbmesser sind aber nicht gleich, weil die beiden Kugeln m ungleich schwer sind. Die wahren Halbmesser sind: links $r_l = 12\cdot 24256\,cm$, rechts $r_r = 12\cdot 36974\,cm$. II. c.

3. Das Gewicht der beiden Massen M wurde bestimmt mittelst einer einfachen, aber mit feinen Schneiden versehenen Hebelwage, welche eine Belastung von mehr als $10\,kg$ verträgt, und dabei für $^1/_2\,g$ noch einen guten Ausschlag gibt. Zahlreiche Doppelwägungen ergaben M_A oder $M_I = \mathbf{9184\cdot 75}\,g$; M_B oder $M_{II} = \mathbf{9107\cdot 57}\,g$, wobei die umhüllenden Blechschalen (inf. III. *c*. p. 22 [106]), Bügel etc. einbegriffen sind, und die durch die Massen und Gewichte verdrängte Luft berücksichtigt ist. Der Mittelwerth für M ist $9146\cdot 16\,g$.

4. Das Gewicht der Kugeln m wurde vor dem Einsetzen in den Apparat bestimmt mit einer feinen in Freiberg gefertigten Wage, und nach Beendigung der Beobachtungen mit einer Präcisionswage von Nemetz. Mit Zugrundelegung eines $10\,g$-Gewichtes von Nemetz ergab sich m_l oder $m_I = \mathbf{54\cdot 5539}\,g$ m_r oder $m_{II} = \mathbf{53\cdot 9775}\,g$, wobei die kleinen Häkchen (à $38\,mg$) und die Suspensionsdrähtchen (à $9\,mg$) eingeschlossen sind. Die Fehlergrenze hiefür ist kleiner als $1\,mg$. Doch ist eine kleine Discrepanz nicht zu verhehlen. Ich hatte vor mehreren Jahren drei vergoldete Trägheitsringe und einen Trägheitsstab mit einer vorzüglichen, aber etwas älteren Ruprecht'schen Wage gewogen, und jetzt bestimmte ich deren Gewicht wieder mit der Nemetz'schen Wage. Dabei stellte sich heraus, dass jene Wägung um $^1/_{21600}$ mehr ergab als diese. Ob die Ruprecht'schen Gewichte vielleicht etwas abgenützt waren, oder ob wirklich die m um 1 oder $2\,mg$ schwerer anzunehmen seien, könnte ich nicht entscheiden; doch scheint jenes wahrscheinlicher. Der Mittelwerth für m ist $54\cdot 2657\,gr$.

5. Das Trägheitsmoment des Wagearmes besteht aus drei Theilen:

a) Der Arm allein mit Allem, was daran festsitzt, wurde zunächst a priori berechnet, indem für ca. 30 Theile desselben deren Gewicht und Abstand von der Mitte bestimmt wurde. Es fand sich so das Trägheitsmoment $i = 502\cdot 45$ (CGS-System). Ferner wurde auch experimentell verfahren: Am unteren als Schraube geschnittenen axialen Ende des Armes wurden mittelst genau abgedrehter und gewogener Scheiben aus $1\cdot 5\,mm$-Ebonitplatten und kleiner Holzmuttern successiv zwei Trägheitsringe befestigt, und damit an einem stärkeren Suspensionsdraht (ca. $0\cdot 25\,mm$, um die Dämpfung durch elastische Nachwirkung zu vermeiden) Schwingungen ausgeführt. So wurde $i = 501\cdot 69$ gefunden. Der wahrscheinlichste Werth dürfte sein $i = 502\cdot 2 \pm 0\cdot 5$.

b) Die beiden Kugeln m allein haben zusammen ein inhärentes Trägheitsmoment $= 56\cdot 40$.

c) Die beiden Hebelarme sind mit Berücksichtigung der Ungleichheit der Kugeln m und der Stellung der Äquilibrirungs-Ebonitstreifen $r_l = 12\cdot 24256\,cm$, und $r_r = 12\cdot 36974\,cm$. Daraus ergibt sich das Trägheitsmoment der Kugeln am Arm $= m_l . r_l^2 + m_r . r_r^2 = 8176\cdot 550 + 8259\cdot 124 = 16435\cdot 674$.

Folglich ist das Trägheitsmoment des belasteten Armes $= J = \mathbf{16994\cdot 274}$, mit einer Fehlergrenze von höchstens $\pm 1\cdot 0$.

6. Hieraus und aus der Schwingungszeit T_0 des belasteten Armes ergibt sich die Torsionskraft des Drahtes $= \tau = 4\pi^2 J : T_0^2 = 0\cdot 4019179\ dyne$, oder $\tau = \mathbf{401917\cdot 9}\,\mu\delta$ (1 »Mikrodyne« $= \mu\delta = 0\cdot 000001\ dyne$, am Hebelarm $= 1\,cm$ gedacht). Dabei ist für T_0 der durchschnittliche Werth $T_0 = 1292^s = 21^m 32^s$ gesetzt worden. Bei den einzelnen Beobachtungen ist das T_0 etwas verschieden, und hiefür eine Correction erforderlich, die »Correction von T_0« (inf. III. *b*. 18. und III. *c*. 33).

7. Grössere Schwierigkeiten machte die Bestimmung des Winkelwerthes der Scalentheile. Ein Versuch, denselben aus der Focaldistanz des Objectivs und Vergleichung der beiden Scalen s' und s'' zu bestimmen, führte nicht zum Ziel. Hinreichende Genauigkeit bot aber folgendes Verfahren: Die grosse auf

II. c. dem Stein aufliegende Zinkplatte Z' (Fig. 2; sup. II. *a.*, p. 5) wurde aus dem Apparat herausgenommen, und so postirt, dass die Ocularscala (Sc. II) gegen das Fenster gerichtet war. Oberhalb des Objectivs O wurde nun ein sehr feines, als Theodolit verwendbares Dover'sches Inclinatorium auf dem Kasten K (Fig. 2) quer aufgestellt und dessen Fernrohr vertical abwärts gerichtet, so dass die beiden Objective sich genau gegenüber befanden. (Dieses Inclinatorium wurde von mir bereits im Jahre 1874 in Pogg. Ann. Bd. 152, S. 346 und Bd. 153, S. 298 erwähnt. Es besitzt ganz vorzügliche Kreistheilungen auf Silber, welche 30″ directe Ablesung bieten und ziemlich sicher auf 5″ abschätzen lassen.) Die Scala II erschien dann sehr scharf im Sehfeld und konnte mittelst des Höhenkreises direct ausgemessen werden.

Diese im Princip sehr einfache Methode wird aber sehr erschwert durch den Umstand, dass die Scala II um ca. 15 *mm* weiter vom Objectiv entfernt ist als Scala I. Deshalb steht das Rohr nicht in »parallelem Licht«. Dafür ist eine Correction erforderlich, deren Theorie von mir genau entwickelt wurde, die aber hier zu weit führen würde. Um die Correction auf einen kleinen Betrag zu bringen, stellte ich das Inclinatorium in solcher Höhe auf, dass die Axe des Verticalkreises eben so weit vom Objectiv O entfernt war wie im Apparat selbst der verticale Centralspiegel am Arm, was indess schon ohnehin angenähert der Fall war. Um dies mit Genauigkeit zu erreichen, wurde diese letztere Entfernung genau gemessen, wobei die Dicke des durchsetzten Glastellers und des 45°-Spiegels ersetzt gedacht wurden durch äquivalente Luftschichten, deren Dicke nur $1/n$ von jenen ist. Danach machte ich an verschiedenen Tagen drei Sätze von Messungen, bei denen der Abstand der Instrumentalaxe um 2·8 *mm* kleiner und resp. um 9·15 *mm* und 10·6 *mm* grösser war als der Abstand des Centralspiegels. Die drei Resultate, welche ich so erhielt, und welche schon ohne Correction nur um $^1/_{3100}$ Abweichung vom Mittel zeigten, wurden nach der erwähnten Theorie corrigirt und auf die richtige Entfernung reducirt. So erhielt ich für den Winkelwerth von $1\,P =$ 10 pars drei Werthe, 34′6788 mit Gewicht 1; 34′6827 mit Gewicht 5; 34′6839 mit Gewicht 2. Der wahrscheinlichste Werth ist also $P = 34'6826$.

Ich erwähne diese Einzelheiten, weil die genaue Bestimmung dieser Grösse von der grössten Wichtigkeit ist, und weil daraus zu ersehen ist, dass eine Genauigkeit erzielt wurde, welche fast weiter geht als mit diesen Mitteln erwartet werden konnte, derart, dass das Resultat als mindestens auf $^1/_{10000}$ genau angesehen werden kann, wahrscheinlich sogar auf $^1/_{30000}$.

Eine kleine Correction ist indess noch erforderlich dafür, dass die Strahlen, welche auf den Centralspiegel (s) einfallen und von demselben zurückgeworfen werden, nicht genau horizontal sein können. Um dies genau zu untersuchen, stellte ich das als Theodolit dienende Inclinatorium vor dem Apparat auf die starke Holzplanke H' (Fig. 2) an die Stelle, welche für das Kathetometer bestimmt ist, und visirte dann neben dem Centralspiegel s vorbei in den hinteren 45°-Spiegel, wo ich dann die Scala II (und bei geeigneter Beleuchtung auch Scala I) sehr scharf erblickte. Der Nullpunkt des Verticalkreises war gut justirt, und so fand ich, dass die Visirlinie gegen die Mitte der Scala I um 0°29′8 über der Horizontalen lag, die Mitte der Striche der Scala II aber 0°27′4 unter derselben. Daraus folgt zunächst, dass der Centralspiegel gut vertical steht, mit einer weit grösseren Genauigkeit als erforderlich wäre, und ferner, dass der genauere Werth für die Scalentheile grösser ist als der oben angegebene im Verhältniss $2 : (\cos 29'8 + \cos 27'4)$, also nahezu um $^1/_{26000}$. Somit wird der wahre Winkelwerth der Scala II $= P = 10\,p = 34'6839$.

Diese Zahl bedeutet nun den Werth, welchen P hätte, wenn die Scala durchaus winkeltreu wäre. Das ist nun nicht der Fall, indem dieselbe gleichmässig verläuft nach der Tangente des doppelten Ablenkungswinkels, nicht aber nach diesem Winkel selbst. Die zu messenden Ablenkungen bedürfen also noch einer Correction oder Reduction der Scala auf Winkel. Dieselbe wird unten (v. IV. *a.* 10) genauer bestimmt.[1]

[1] Für diese Correction wird vorausgesetzt, dass die Scala II normal stehe zu der Geraden, welche ihre Mitte (60 pars) mit dem Centrum des Objectivs verbindet. Um dies zu verificiren, hielt ich eine polirte Stricknadel vertical ca. 30 *cm* vor Scala II so dass der Strich 60 p gerade zwischen derselben und dem Centrum des Objectivs erschien. Dann fand sich auch das Spiegelbild jener Nadel, welches durch Reflexion an Scala II entsteht, ebenfalls in dieser geraden Visur. Dies beweist, dass die Scala gut normal steht zu jener Geraden.

Ich benützte die Stellung des Inclinatoriums über dem Objectiv *O* auch dazu, um nach Wegnahme dieses Objectivs mit beträchtlich ausgezogenem Rohr die beiden Scalen direct auszumessen. Da die absoluten Werthe derselben mit grösster Genauigkeit bekannt sind, so konnte ich auf diese Weise ihre Abstände von der Axe des Instrumentes leicht berechnen. So fand ich die Differenz, um welche Scala II weiter vom Objectiv absteht als Scala I; sie ist $= 15 \cdot 049\, mm$. Hiemit und mit der durch viele Versuche ermittelten Focaldistanz $= 460 \cdot 0\, mm \pm 0 \cdot 1\, mm$, berechnete ich den Werth der Scala II. Ich fand $P = 34 \cdot 68823'$. Das Resultat ist weniger sicher als das obige, als Controle für dasselbe ist es aber doch ganz erwünscht. II. *c.*

III. Methoden.

a) Allgemeines.

Um aus den Notirungen einer Beobachtung die Mittellage der Schwingungen und die Schwingungszeit zu bestimmen, befolgte ich ein von der gebräuchlichen Methode etwas abweichendes Verfahren. Die Schwingungen wurden nur in der Nähe der Mittellage beobachtet, indem ich die Zeiten notirte, zu welchen das reflectirte »Fadenkreuz« X_{II} die einzelnen Striche der Scala passirte. Aus diesen Antrittszeiten kann dann nicht nur die Schwingungszeit, sondern auch die Mittellage mit grosser Genauigkeit berechnet werden. Als Beispiel für die Schwingungszeit mag die Beobachtung *C* vom 9./VIII 1894 dienen, bei welcher sechs Durchgänge beobachtet wurden. Die Antrittszeiten an sieben Scalenstrichen sind III. *a.*

Scala	1	2	3	4	5	6	2	3	4	5	Mittel
69	$11^m 42 \cdot 8^8$	$20^m 44 \cdot 8^1$	$33^m 26 \cdot 1^2$	$42^m 17 \cdot 2^2$	$55^m\ 9 \cdot 8^7$	$3^m 48\ 9^9$	$21^m 43 \cdot 3^4$	$21^m 32 \cdot 4^1$	$21^m 43\ 7^5$	$21^m 31 \cdot 7^7$	$37 \cdot 81^7$
66	$11\ 26 \cdot 0^8$	$21\ \ 2 \cdot 6^1$	$33\ \ 8 \cdot 1^2$	$42\ 30 \cdot 0^4$	$54\ 49 \cdot 2^9$	$4\ 10\ 1^9$	$42 \cdot 0^1$	$33 \cdot 4^3$	$41 \cdot 1^7$	$34 \cdot 1^5$	$37 \cdot 09^7$
63	$11\ \ 9 \cdot 9^6$	$21\ 19 \cdot 6^1$	$32\ 49 \cdot 3^2$	$42\ 55 \cdot 4^4$	$54\ 28 \cdot 9^7$	$4\ 30 \cdot 8^9$	$39 \cdot 3^6$	$35 \cdot 8^3$	$39 \cdot 6^5$	$35 \cdot 4^5$	$37 \cdot 57^2$
60	$10\ 53 \cdot 4^8$	$21\ 36 \cdot 6^1$	$32\ 31 \cdot 3^2$	$43\ 14 \cdot 2^4$	$54\ \ 9 \cdot 3^7$	$4\ 51 \cdot 7^9$	$37 \cdot 8^4$	$37 \cdot 6^3$	$38 \cdot 0^5$	$37 \cdot 5^5$	$37 \cdot 76^8$
57	$10\ 36 \cdot 9^0$	$21\ 54 \cdot 0^1$	$32\ 13 \cdot 5^2$	$43\ 32 \cdot 8^4$	$53\ 49 \cdot 6^7$	$5\ 13\ 3^7$	$36 \cdot 6^2$	$38 \cdot 8^3$	$36 \cdot 1^5$	$39 \cdot 5^3$	$37 \cdot 78^2$
54	$10\ 20 \cdot 5^6$	$22\ 11 \cdot 0^1$	$31\ 55 \cdot 6^2$	$43\ 51 \cdot 8^5$	$53\ 29 \cdot 5^7$	$5\ 32\ 8^9$	$35 \cdot 0^6$	$40 \cdot 8^4$	$33 \cdot 9^5$	$41 \cdot 0^4$	$37 \cdot 72^3$
51	$10\ \ 4 \cdot 2^8$	$22\ 28 \cdot 7^1$	$31\ 37\ 1^2$	$44\ 11 \cdot 6^4$	$53\ \ 9 \cdot 7^5$	$5\ 55 \cdot 0^9$	$32 \cdot 8^4$	$42 \cdot 9^3$	$32 \cdot 6^3$	$43 \cdot 4^5$	$37 \cdot 96^2$ *
						Mittel =	$38 \cdot 15^7$	$37 \cdot 41^1$	$37 \cdot 90^7$	$37 \cdot 56^3$	37 760
						ausgeglichen =	$37 \cdot 90^5$	$37 \cdot 67^9$	$37 \cdot 62^8$	$37 \cdot 85^8$	

Jede der beobachteten Antrittszeiten wird von der entsprechenden des zweitfolgenden Durchganges subtrahirt. Dadurch entstehen die Zahlen des rechtsstehenden Schemas. Für dasselbe ist das Mittel jeder Spalte unten angeschrieben, und das Mittel für jede Zeile rechts. Beide Reihen von Mitteln müssen dasselbe Hauptmittel $37 \cdot 760$ geben, worin eine Controle gegen Rechenfehler enthalten ist. Ferner ist auch eine Schätzung der Genauigkeit ermöglicht. Wenn nämlich die rechtsstehenden Mittel unter sich gut stimmen, dann ist dies ein Zeichen, dass gut beobachtet wurde. Und wenn die unten stehenden Mittel — nachdem sie von dem systematischen Unterschied der Spalte 2.4 . . gegen Spalte 3.5. . . befreit, oder »ausgeglichen« sind —, unter sich harmonieren, so ist dies ein Zeichen, dass die Schwingungen in sich ohne Störung verliefen. Beide Umstände zusammengenommen, können dann einen Schluss auf das »Gewicht« der betreffenden Beobachtung bieten. Doch ist hinsichtlich der rechtsstehenden Mittel zu beachten, dass sie theoretisch nicht genau gleich sein können, dass vielmehr die Zahlen gegen oben und unten ein wenig grösser sein müssen. Das ist eine nothwendige Folge davon, dass die Bewegung nicht gleichförmig linear verläuft, sondern nach dem Gesetz einer Sinusoide. Dafür ist eine Correction am Mittel erforderlich, welche in unserem Fall $= -0^{s}032$ ist, für deren leichte Bestimmung ich graphische Hilfsmittel construirte. (Die Correction kann auch schon an den Antrittszeiten angebracht werden, wonach dann das Mittel keine Correction mehr bedarf; doch ist dies weit mühsamer.) In der Praxis kann die Zahl der Minuten nie zweifelhaft sein, deshalb werden bei den später anzuführenden Beobachtungen (Abschnitt V) die Minuten gewöhnlich ganz weggelassen. Die Secunden wurden aber bis auf $^1/_{100}{}^s$ oder $^1/_{1000}{}^s$ notirt, nicht als ob jede dieser Ziffern richtig wäre, sondern weil doch das aus so vielen Zahlen gewonnene Mittel eine solche Genauigkeit besitzt, dass man auch so kleine Bruchtheile principiell nicht vernachlässigen darf.

* Die letzte Decimale ist, weil weniger sicher, mit kleineren Ziffern bezeichnet.

III. *a.* Als Beispiel für die Bestimmung der Mittellage kann die Beobachtung *C* vom 23. VII. 1894 dienen. Für sechs Scalenstriche sind die Antrittszeiten:

Scala	1	2	3	4	5	6	1·5	2·5	3·5	4·5	5·5	2	3	4	5
70	$0^{m}15^{6}$	$9^{m}19^{1}$	$21^{m}55^{8}$	$30^{m}47^{7}$	$43^{m}35^{0}$	$52^{m}13^{3}$	$9^{m}\ 3^{8}$	$12^{m}30^{1}$	$8^{m}51^{9}$	$12^{m}47^{3}$	$8^{m}38^{3}$	$+212^{6}$	-224^{5}	$+235^{1}$	-249^{0}
75	$59\ 57^{8}$	. 39^{2}	. 35^{1}	$31\ 8^{3}$	. 11^{9}	. 38^{0}	. 41^{3}	$11\ 50^{2}$	$9\ 32^{9}$	. 3^{6}	$9\ 20^{1}$	$+134^{9}$	-143^{3}	$+150^{7}$	-157^{5}
74	. 38^{9}	. 57^{9}	. 14^{5}	. 30^{1}	$42\ 49^{1}$	$53\ 1^{5}$	$10\ 19^{0}$	. 16^{6}	$10\ 15^{6}$	$11\ 19^{3}$	$10\ 12^{1}$	$+57^{6}$	-01^{1}	$+63^{7}$	-07^{2}
73	. 21^{3}	$10\ 16^{5}$	$20\ 55^{0}$	. 51^{0}	. 27^{3}	. 25^{2}	. 55^{2}	$10\ 38^{5}$	. 56^{0}	$10\ 30^{1}$	. 57^{8}	-16^{7}	$+17^{5}$	-19^{6}	$+21^{1}$
72	$58\ 3^{4}$	. 35^{9}	. 35^{3}	$32\ 11^{8}$	. 5^{0}	. 48^{6}	. 32^{5}	$9\ 59^{1}$	$11\ 36^{5}$	$9\ 53^{3}$	$11\ 43^{6}$	-93^{1}	$+97^{1}$	-103^{2}	$+110^{3}$
71	. 45^{7}	. 55^{0}	. 14^{5}	. 33^{4}	$41\ 42^{8}$	$54\ 12^{1}$	$11\ 9^{3}$	. 19^{5}	$12\ 18^{1}$	. 9^{5}	$12\ 29^{6}$	-169^{8}	$+179^{1}$	-189^{5}	$+200^{1}$
												73·224	·223	·233	·241
												225	212	222	235
												220	220	230	228
											Mittel	73·223	·218	·228	·235

Hauptmittel . . . . 73·226

Zunächst wird jede Zahl von der entsprechenden des nächstfolgenden Durchganges subtrahirt, wodurch das mittlere Schema entsteht. Nun folgt man dem Grundsatz, dass die Mittellage da sich befindet, wo in diesem Schema zwei nebeneinanderstehende Zahlen gleich sind. Derselbe ist ganz richtig selbst für den Fall, dass die Mittellage nicht in Ruhe ist, sondern eine kleine Wanderung macht, was bisweilen vorkommt. Um aber diese Lage leichter zu bestimmen, bildet man das rechtsstehende Schema, welches die Differenzen von je zwei nebeneinanderstehenden Zahlen des mittleren Schemas enthält, und zwar ganz in Secunden ausgedrückt. Die Mittellage ist für eine Spalte da, wo die Zahlen derselben durch 0 durchgehen. Diese Lage ergibt sich nun leicht durch eine einfache Proportion (sehr bequem mittelst des Rechenschiebers), und zwar mehrfach. So ergeben die Zahlen $+57^{6}$ und -16^{7} die Mittellage $= 73·224$; die Zahlen $+134^{9}$ und -93^{1} geben 73·225, und die Zahlen $+212^{6}$ und -169^{8} geben 73·220. Ebenso erhält man für die übrigen Spalten, auf sechs Differenzen von Zahlen des mittleren Schemas gestützt (sonach aus 18 Antrittszeiten), drei von einander unabhängige Werthe für die Mittellage. Die Übereinstimmung derselben unter sich kann als Gewähr dienen für die Genauigkeit des aus ihnen gezogenen Mittelwerthes. Dies Beispiel (eines von mittlerer Genauigkeit) zeigt in Übereinstimmung mit allen unter Abschnitt V. *a)* anzuführenden, dass die Maximalabweichung eines Einzelwerthes von dem Mittel aus dreien meistens unter $0·005\,p$ bleibt und nie $0·01\,p$ erreicht. Man kann also wohl annehmen, dass das Mittel aus dreien etwa auf $^{1}/_{300}$ pars sicher, und im Durchschnitt auf $^{1}/_{400}$ pars genau sein wird, was im Winkel etwa $^{1}/_{2}$ Bogensecunde entspricht. Eine solche Genauigkeit dürfte nach der gewöhnlich befolgten Methode (aus den Extremstellungen) schwerlich erreicht werden können.

Die so angestellten Beobachtungen ergeben ausserdem auch noch die Schwingungsweite oder die Maximal-Elongation (E). Die Bewegung des Indexkreuzes in der Mitte der Schwingung ist nämlich eine solche, dass mit derselben in der ganzen vollen Schwingungszeit (T) $2E\pi$ Scalentheile durchlaufen würden. Nennen wir die Zeit zum Durchlaufen eines Theiles τ, dann ist also $\tau = T:2E\pi$, woraus folgt $E = T:2\pi\tau$. Mittelst eines graphischen Verfahrens ist diese Bestimmung sehr leicht und sicher.

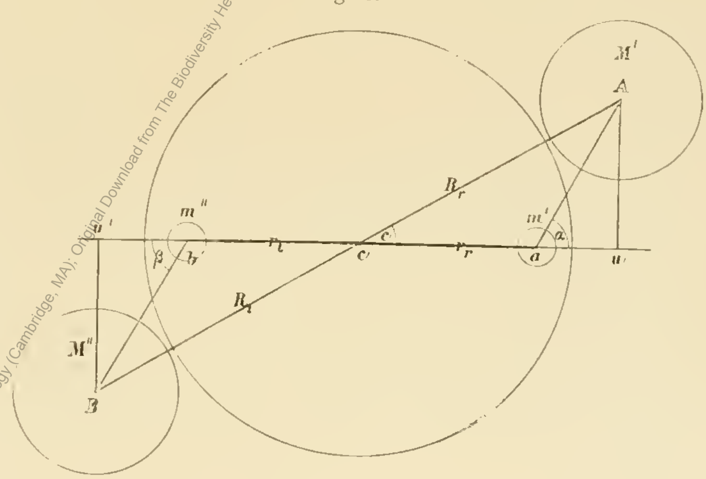
Um im Allgemeinen die Antrittszeiten möglichst genau zu bestimmen, habe ich bei fast allen Beobachtungen nicht nur das einfache Verfahren, welches man als »Auge und Auge-Methode« bezeichnen könnte, befolgt, sondern auch gleichzeitig den Chronographen verwendet. Ich verfuhr so: den genauen Moment eines Antrittes markirte ich durch einen kleinen Schlag, und bei Benützung des Chronographen war dies ein Schlag auf den Taster selbst. Dann zählte ich nach einem gewissen durch viele Übung ziemlich sicheren Zeitgefühl 2 Secunden weiter. Diese kleine Zwischenzeit reichte vollständig hin, um den Blick auf den Secundenzeiger einer sehr guten, gerade unter dem Ocular unter einem Leseglas auf einem Consol liegenden Ankeruhr zu richten und sich daran zu orientiren. Am Ende der zweiten Secunde hatte ich also genau den Stand des Zeigers. Von diesem rechnete ich nun 2 Secunden zurück, und die sich so ergebende Zeit wurde notirt bis auf Zehntel-Secunden. Am Schluss der Beobachtung wurden alle Zahlen besser geschrieben und dabei auch der Excentricitätsfehler des Secundenzeigers corrigirt. Bei solchen Zeitnotirungen ist der mittlere Fehler nur ca. 0·11 Secunde, wie ich mich durch vielfache Controle überzeugte. Fast nach jedem Durchgang wurde die Ankeruhr mit dem Regulator verglichen, worin ich durch Übung ebenfalls eine Sicherheit bis auf durchschnittlich 0·05 Secunden erreichte (im Mittel aus drei Vergleichungen). So konnte der Gangfehler der Ankeruhr eliminirt werden. Bei den wichtigeren Zeitnotirungen der Oscillationsbeobachtungen zog ich es aber vor, jene Uhrvergleichungen durch eine Curve darzustellen und auszugleichen, und danach alle einzelnen Antrittszeiten von Ankerzeit auf Regulatorzeit zu reduciren, wodurch — wie mir scheint — eine noch etwas grössere Genauigkeit erzielt wurde. III. *a*

b) Deflexionsmethode.

Da die Drehwage von der Glasglocke umschlossen ist, können die ablenkenden Massen M nicht so nahe an die abzulenkenden Kugeln m gebracht werden, als es ohne Anwendung eines Vacuums geschehen kann. Doch ist dieser Nachtheil ein sehr geringer. Denn 1° die Ablenkungen, welche an diesem Apparat erzielt werden, sind so gross, dass kein Grund vorhanden ist, noch stärkere anzustreben, und 2° diese gegenwärtige Anordnung schliesst einen grossen Vortheil in sich, dass nämlich die näheren Umhüllungen der Drehwage — weil circular symmetrisch — die Bewegungen derselben ganz ungestört lassen, während bei den sonst erforderlichen Umhüllungskasten mit Glasplatten etc. sehr complicirte Correctionsrechnungen für den Einfluss derselben erfordert werden. III. *b.*

Das Princip dieser Methode ist nun sehr einfach. Ist die Zinkscheibe mit den daran hangenden Massen M um einen Winkel c gedreht, so kann die Torsionskraft berechnet werden, welche durch die Anziehung der Massen M gegen die Kugeln m hervorgebracht wird. Und da die Torsivkraft des Drahtes aus dem Trägheitsmoment und der Schwingungszeit berechnet ist (cf. sup. II. *c*. 6.), so kann auch die Ablenkung berechnet werden, welche durch jene schiefe Stellung der Massen bewirkt werden muss, sofern die vorausgesetzte Gravitations-Constante C richtig ist.

Fig. 3.



Aus den Beobachtungen anderseits ergibt sich in der oben (III. *a*.) beschriebenen Weise, wie gross die wirklich bewirkte Ablenkung ist. Aus dem kleinen Unterschied zwischen diesen beiden Wirkungen ergibt sich dann leicht, um wie viel jenes C corrigirt werden muss, um das wahre C zu erlangen, und damit auch D.

Die Berechnung des theoretischen Attractionseffectes ist nicht schwer. Sei ab der Arm mit den Kugeln m' und m'', A und B seien die Centra der Massen M', M'', und R, r die Radien, dann ist die absolute Attraction von M' gegen m'

$$M'm'C : Aa^2, \tag{1}$$

und das Torsionsmoment dieser Kraft ist

$$\gamma = M'm'C . Au . r : Aa^3 = M'm'CRr \sin c : Aa^3. \tag{2}$$

Es ist aber

$$Aa = (R^2+r^2-2Rr.\cos c)^{1/2}, \tag{3}$$

somit

$$\gamma = M'm'C.Rr.\sin c.(R^2+r^2-2Rr.\cos c)^{-3/2}. \tag{4}$$

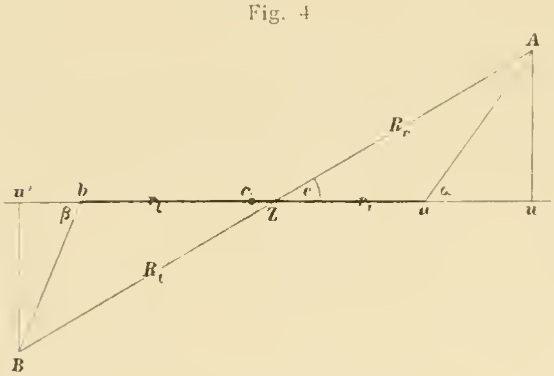
Ganz ebenso ergibt sich die Action auf die ferne Kugel m''

$$\gamma' = M'm''CRr.\sin c : Ab^3 = M'm'CRr.\sin c.(R^2+r^2+2Rr.\cos c)^{-3/2}. \tag{5}$$

In gleicher Weise findet sich die Wirkung der Masse M'' auf beide Kugeln m' und m''.

III. *b.* Der Calcul wird in der Ausführung bedeutend verwickelter durch den Umstand, dass die Massen M' und M'', wie auch die Kugeln m' und m'' weit entfernt sind, von gleicher Masse zu sein. Die Unterschiede betragen nahezu 1 Procent. Ich musste sie eben nehmen, wie sie mir von den betreffenden Mechanikern geliefert wurden. Aber auch die Radien R' und R'', wie auch r' und r'' sind nicht gleich, und endlich befindet sich der Suspensionsdraht F in c nicht in der Axe Z der Zinkscheibe, sondern hat eine ansehnliche Excentricität. Es war also nothwendig, die vier genannten Torsionseffecte separat zu berechnen, jede mit den ihr entsprechenden M, m, R, r. Und diese Rechnungen wurden zwölfmal durchgeführt, nämlich für die Excentricitäten 0, 2 *mm*, 4 *mm* und für vier verschiedene Winkel c. Hieraus wurde eine Interpolationsformel abgeleitet, aus welcher dann der richtige Werth γ für die durch Messung bestimmte Excentricität sich ergab.

Fig. 4



Die Berechnung des Effectes unter Berücksichtigung der Excentricität bietet keine Schwierigkeiten. Man kann ganz die gleichen Formeln wie oben verwenden

$$\gamma = MmCRr \sin c . (R^2 + r^2 \mp 2Rr \cos c)^{-3/2}, \qquad (6)$$

nur muss das r, welches in der Klammer vorkommt, um den Betrag der Excentricität vermindert (oder beziehungsweise vermehrt) werden, wie aus der Figur leicht ersichtlich ist. Für die »Querexcentricität« im Sinne vorne—hinten kann in ähnlicher Weise eine directe Berechnung angestellt werden; das Ergebniss der betreffenden Rechnungen ist unten bei den Correctionen (IV *a.* 9.) näher angegeben.[1]

Alle diese Rechnungen wurden nun für mehrere Winkel c durchgeführt, welche dem Maximalwerth der Torsionswirkung nahe liegen. An sich betrachtet, könnte zwar jeder beliebige Winkel c verwendet werden; allein der Winkel des Maximaleffectes bietet so grosse Vortheile, dass er möglichst genau angestrebt werden muss. Denn bei jedem anderen Winkel hat eine kleine Änderung des Winkels eine ansehnliche Änderung in der Function desselben (γ) zur Folge, und folglich müsste der Winkel c mit einer Genauigkeit bekannt sein, welche nur sehr schwer erreicht werden könnte. In der Nähe des Maximaleffectes dagegen besteht dieser Übelstand nicht, und es genügt dann reichlich, wenn der Winkel c bis auf $2'$ oder $4'$ genau bestimmt ist (aus den späteren Gleichungen III. *b.*, 11, 12 kann dies leicht nachgewiesen werden).

Eine andere noch grössere Complicirung des Calculs ergab sich aus der Nothwendigkeit, auch die Wirkung der Massen auf den Arm der Wage zu berücksichtigen. Eine experimentelle Bestimmung dieses Einflusses wäre bei der grossen Empfindlichkeit des Apparates wohl möglich gewesen. Allein diese Arbeit würde überaus mühevoll geworden sein, da für dieselbe die Glocke mehrere Male hätte abgenommen und dann wieder von Neuem evacuirt werden müssen, zumal da bei dem Abheben der Glocke eine Verrückung des Apparates kaum zu vermeiden ist. Ich habe deshalb diesen Effect nur durch Calcul ermittelt und zwar sicher weit genauer als es durch Experimente hätte geschehen können. Eben um solche Rechnungen ausführen zu können, hatte ich den Arm aus Drähten hergestellt, so dass für jedes kleine Stück desselben die entsprechende Masse leicht genau bestimmt werden konnte. Ich habe also den ganzen Arm in viele Stücke zerlegt gedacht, und für jedes kleine Stück desselben die von M' und M'' auf dasselbe ausgeübte Torsionswirkung berechnet. Diese Arbeit war sehr langwierig, da die der Masse zugewendete Hälfte des Armes in 20, die abgewendete in 13 Theile zerlegt wurde. Und zudem mussten auch diese Rechnungen für mehrere (4) Winkel c durchgeführt werden. Doch genügte hiebei ein gerin-

[1] Bei diesen Rechnungen, und noch mehr bei den für den Arm durchzuführenden, fand ich es viel vortheilhafter, die Distanz Mm oder $M\mu$ nicht nach der obigen Formel (3) zu berechnen, sondern als Diagonale eines Rechteckes $Aa = \sqrt{Au^2 + au^2}$. Die Massentheilchen μ des Armes liegen nämlich nicht in derselben Höhe mit M, und deshalb ist die Höhendifferenz h zu berücksichtigen, was mit dieser Formel sehr leicht erreicht wird, nämlich $Aa = \sqrt{Au^2 + au^2 + h^2}$, wo Aa als Diagonale eines rechtwinkeligen Parallelepipeds berechnet wird, während es mit der rein trigonometrischen Formel (3) nicht so einfach ist.

gerer Grad von Genauigkeit, so dass die 4-stelligen Logarithmen von Gauss ausreichten. Die ganze Wirkung auf den Arm beträgt nämlich nur etwa $^1/_{60}$ von der Wirkung auf die Kugeln, und folglich würde auch ein Fehler von 1 Procent doch nur um circa $^1/_{6000}$ das Resultat alteriren. Die Rechnungen sind aber weit genauer, und ich habe sie auch mehrfach controlirt, theils durch Wiederholung derselben, theils durch nochmalige einfachere Berechnung mittelst des Rechenschiebers, theils durch graphisches Eintragen der Einzelresultate in ein Coordinatennetz. III. *b.*

Unter Annahme der oben (II. *c.*) angegebenen Werthe für $M'(M_A)$, $M''(M_B)$, m_r, m_l, R_r, R_l, r_r, r_l und für die verschiedenen Excentricitäten und Schiefenwinkel (c) ergaben sich nun folgende Resultate, die ich Kürze halber nur in den wesentlicheren Theilen angebe. Zunächst wurde der am meisten vorkommende Fall berücksichtigt, wo die Masse $M'(M_A)$ rechts hängt, was mit »Stellung I« bezeichnet wird. Wenn die Zinkscheibe um 180° gedreht wird, entsteht die »Stellung III«, welche nachher angeführt wird. Die Resultate drücken das durch die Massen bewirkte Torsionsmoment in Mikrodynen aus (0·000001 *dyne* = 1 μδ).

a) Excentricität = 0, Stellung I. Wirkung beider Massen zusammen:

Schiefenwinkel c =	19°	20°	21°	22°	
Wirkung auf die zwei nahen m =	+5388·013	5418·704	5430·929	5426·393	
» » den Arm	+ 106·623	108·808	110·686	112·185	(7)
» » die zwei fernen m	— 155·846	164·443	173·066	181·811	
Summa .	5338·790	5363·069	5368·550	5356·767 μδ.	

b) Excentricität = 2 *mm* (Z rechts vom Centralfaden c):

Wirkung auf die zwei nahen m =	+5393·710	5423·778	5435·719	5430·831
» » den Arm	+ 106·899	109·085	110·963	112·461
» » die zwei fernen m =	— 156·396	165·006	173·659	182·377
Summa .	5344·213	5367·857	5373·023	5360·915 μδ.

c) Excentricität = 4 *mm*:

Wirkung auf die zwei nahen m =	+5409·959	5438·557	5448·753	5442·372
» » den Arm	+ 107·730	109·916	111·794	113·292
» » die zwei fernen m	— 156·488	165·091	173·823	182·407
Summa .	5361·201	5383·382	5386·724	5373·257 μδ.

Hieraus ergeben sich zunächst die Interpolationsformeln für das Torsionsmoment (γ) bei den einzelnen Winkeln als Function der Excentricität e:

$$\gamma_{19} = 5338\cdot790 - 0\cdot180 . e + 1\cdot446 . e^2, \tag{8}$$
$$\gamma_{20} = 5363\cdot009 - 0\cdot121 . e + 1\cdot297 . e^2,$$
$$\gamma_{21} = 5368\cdot550 - 0\cdot070 . e + 1\cdot153 . e^2,$$
$$\gamma_{22} = 5356\cdot777 + 0\cdot025 . e + 1\cdot024 . e^2.$$

Nun war die Excentricität anno 1892 = 3·22 *mm*; a. 1894 = 1·69 *mm*. Also ist

	γ_{19}	γ_{20}	γ_{21}	γ_{22}	
a. 1892 (e = 3·22)	5353·207	5376·081	5380·283	5367·319,	(9)
a. 1894 (e = 1·69)	5342·618	5366·511	5371·726	5359·660.	(10)

Und hieraus die allgemeine Interpolationsformel für jeden Winkel $c = 20° + n°$ den beiden Excentricitäten entsprechend

$$\gamma_{3\cdot22}\,(1892) = 5376\cdot081 + 13\cdot287 . n - 9\cdot335 . n^2 + 0\cdot252 . n^3, \tag{11}$$
$$\gamma_{1\cdot69}\,(1894) = 5366\cdot511 + 14\cdot554 . n - 9\cdot339 . n^2 + 0\cdot233 . n^3, \tag{12}$$

hieraus folgt durch Differenziren der Winkel des Maximaleffectes, und damit der Betrag dieses Maximums

für Exc. = 3·22 Max. bei 20°43'6, und Max. = 5380·841 μδ, (13)

» » = 1·69 » » 20 48·0 » » 5372·237 μδ. (14)

III. *b.* Nun ist die Torsivkraft des Drahtes (für $T = 21^m 32^s$) $= 401917 \cdot 9\, \mu\delta$ (sup. II. *c.* 6.). Folglich ist die Normal-Deflexion, bei welcher die Torsivkraft des Drahtes dem Torsionseffect der Attraction gleich ist

$$\text{für } e = 3 \cdot 22\ (1892) \quad d \text{ normale} = 46 \cdot 02424' = 13 \cdot 26963 \text{ Scalentheilen,} \tag{15}$$

$$\text{»} \quad e = 1 \cdot 69\ (1894) \quad d \quad \text{»} \quad = 45 \cdot 95066' = 13 \cdot 248415\, p. \tag{16}$$

Diese Werthe sind aber nicht genau constant, weil dafür $T = 1292^s$ vorausgesetzt wird. Sie bedürfen also noch einer »Correction von T_0«.

$$+(T_0 - 1292) : 646 \quad \text{oder} \quad +(T_0 - 1292) . 0 \cdot 001549 \tag{17}$$

gibt den Bruchtheil, um welchen sie zu corrigiren sind. Und da die Deflexion durchgehends sehr nahe $= 13 \cdot 25\, p$ ist, so ist die Correction, sogleich in Scalentheilen ausgedrückt

$$= \text{Corr. v. } T_0 = +0 \cdot 02051 . (T_0 - 1292). \tag{18}$$

Das hiefür erforderliche T_0 wird aus den Beobachtungen eines Satzes entnommen. Nennen wir die Schwingungszeiten der drei Beobachtungen *A*, *B* und *C*, resp. $T^{\cdot}$, $T^{:}$, $T^{\vdots}$, so wird das Mittel aus $T^{\cdot}$ und $T^{\vdots}$ genommen, und dann das Mittel aus diesem und $T^{:}$. Sonach ist

$$T_0 = {}^1/_4 (T^{\cdot} + 2\, T^{:} + T^{\vdots}). \tag{19}$$

Und auch hieran ist wegen der Dämpfung, Reduction u. s. w. vorher noch eine Correction anzubringen, welche nicht ganz constant ist und beträgt für 1892 Corr. $= -0^s \cdot 465^3$;

für a. 1894 bei Stellung 1 vor August corr. $= -0^s \cdot 340^3$, nach Juli corr. $= -0^s \cdot 295^5$ (20)
» » » » III » » $= -0 \cdot 359^5$, » » » $= -0 \cdot 314^3$.

Das hiemit corrigirte T_0 wird in (18) eingesetzt, und der daraus resultirende Betrag zur obigen Normal-Deflexion addirt. (Beispiele folgen V. *a.*). —

In gleicher Weise wurden auch für Stellung III (Masse M_A links) die Rechnungen durchgeführt. Die durch beide Massen zusammen bewirkten Torsionsmomente sind in Mikrodynen ausgedrückt:

a) Excentricität $= 0$, Stellung III.

Bei Schiefenwinkel $c =$	19°	20°	21°	22°	
Wirkung auf die zwei nahen $m =$	+5390·539	5420·746	5432·531	5427·669	(21)
» » den Arm	+ 106·623	108·809	110·687	112·185	
» » die zwei fernen m	— 156·400	164·994	173·644	182·354	
Summa .	5340·763	5364·563	5369·574	5357·500 $\mu\delta$.	

b) Excentricität $= 2\, mm$.

Wirkung auf die zwei nahen $m =$	+5389·042	5419·273	5431·140	5426·408
» » den Arm	+ 106·899	109·085	110·963	112·461
» » die zwei fernen m	— 156·417	164·996	173·653	182·364
Summa .	5339·524	5363·362	5368·450	5356·505 $\mu\delta$.

c) Excentricität $= 4\, mm$.

Wirkung auf die zwei nahen $m =$	+5398·420	5427·543	5438·229	5432·346
» » den Arm	+ 107·730	109·916	111·794	113·292
» » die zwei fernen m	— 156·483	165·081	173·736	182·451
Summa	5349·667	5372·378	5376·287	5363·187 $\mu\delta$.

Hieraus die Interpolationsformeln

$$\begin{aligned} \gamma_{19} &= 5340 \cdot 763 - 3 \cdot 465 . e + 1 \cdot 423 . e^2, \\ \gamma_{20} &= 5364 \cdot 563 - 3 \cdot 155 . e + 1 \cdot 277 . e^2, \\ \gamma_{21} &= 5369 \cdot 574 - 2 \cdot 802 . e + 1 \cdot 120 . e^2, \\ \gamma_{22} &= 5357 \cdot 500 - 1 \cdot 417 . e + 0 \cdot 969 . e^2. \end{aligned} \tag{22}$$

Somit für $c = 1 \cdot 69\,mm$ III. *b.*

$$\gamma_{19} = 5338 \cdot 971, \quad \gamma_{20} = 5362 \cdot 879, \quad \gamma_{21} = 5368 \cdot 037, \quad \gamma_{22} = 5356 \cdot 184, \tag{23}$$

woraus die allgemeine Interpolationsformel sich ergibt für den Winkel $c = 20^0 + n^0$:

$$\gamma_{1 \cdot 69} = 5362 \cdot 879 + 14 \cdot 244 . n - 9 \cdot 375 \cdot n^2 + 0 \cdot 290 . n^3; \tag{24}$$

daraus endlich folgt, dass das Maximum bei $20° 47' 32$ liegt und den Werth

$$= 5368 \cdot 423^3 \, \mu\delta \tag{25}$$

hat. Folglich ist die Normal-Deflexion (d. normale)

$$= 45' 91804 = 13 \cdot 23901 \text{ Scalentheilen.} \tag{26}$$

Hieran ist die »Correction für T_0''« ganz ebenso anzubringen, wie vorher angegeben wurde, nämlich $+0 \cdot 020511 . (T_0 - 1292)$. (sup. 18.)

Die so ermittelten und corrigirten Normal-Deflexionen sind dann zu vergleichen mit den aus den einzelnen Beobachtungssätzen sich ergebenden thatsächlichen Deflexionen, wie später (V. *a.*) kurz ausgeführt wird.

c) Oscillationsmethode.

Diese Methode beruht darauf, dass, wenn die beiden Massen M mit dem Arm in einer geraden Linie III. *c.*
stehen (»Null-Stellung»), die Schwingungen desselben durch die Anziehung der Massen eine Beschleunigung erfahren. Die Verringerung der Schwingungszeit ist eine Function der Anziehung nach bekannten Gesetzen, und folglich kann die Grösse der anziehenden Kraft aus jener berechnet werden. Um dieses Princip in Anwendung zu bringen, verfuhr ich bei früheren Beobachtungen so, dass ich an einem Tag Schwingungen unter dem Einfluss der Massen ausführen liess, dann aber die Massen abnahm und am folgenden Tag Schwingungen ohne diesen Einfluss beobachtete, und so abwechselnd mehrere Tage hintereinander. Dies deshalb 1° weil ich mich überzeugt hatte, dass, wenn einmal der Schrein geöffnet wird, keine guten Beobachtungen mehr an demselben Tag angestellt werden können, und 2° weil ich glaubte, dass die Schwingungszeit genauer ermittelt werden könne, wenn jede Beobachtung 3 bis 4 Stunden lang fortgesetzt würde. Ich fand jedoch meine Erwartung nicht bestätigt.

Es stellte sich vielmehr heraus, dass es von wesentlicherem Vortheil sei, dass die einzelnen Beobachtungen, welche verglichen werden sollen, mit thunlichst kleinen Zwischenzeiten ausgeführt würden. Allein die Massen abzunehmen oder einzuhängen ist ohne Öffnen des Schreines nicht möglich. Ich kam deshalb auf das bereits angedeutete Verfahren. Der obere Theil des Schreines wurde gegen den mittleren so abgesperrt, dass keine Luftströmung in diesen eindringen konnte. Danach konnte also auch die oberste Thüre geöffnet werden, ohne dass dadurch eine Störung erfolgte. Anstatt nun die Massen herauszunehmen, wurde die Zinkscheibe von oben her um 90° gedreht, so dass die Massen aus der »Null-Stellung« in die »90°-Stellung« kamen. Eine eigene Vorrichtung, welche oben auf der Scheibe nach Bedarf leicht befestigt oder abgenommen werden kann, gestattete es, diese Drehung um 90° sehr rasch und genau auszuführen, so dass der Schrein nur wenige Augenblicke geöffnet sein musste. Und überdies war der oberste Raum durch einen gegen die Thüre sehr dicht anliegenden Vorhang geschlossen, so dass nur zwei kleine Zipfel dieses Vorhanges geöffnet wurden.

In dieser »90°-Stellung« nun wirken die Massen nicht nur nicht beschleunigend, sondern sie verzögern die Schwingungen. Nennen wir die so vergrösserte Schwingungszeit T_{II}, während die beschleunigte $= T_I$ und die ganz freie $= T_0$ ist, dann ist also

$$T_{II} - T_I > T_0 - T_I, \tag{1}$$

und folglich kann auch die Grösse der Anziehungskraft daraus mit einer etwas grösseren Genauigkeit berechnet werden.

Mit dieser Verbesserung des ursprünglichen Verfahrens verband ich noch eine andere Abänderung. Obgleich nämlich die Drehwage fast vollständig ringsum von Metall umschlossen ist, war ich doch nicht

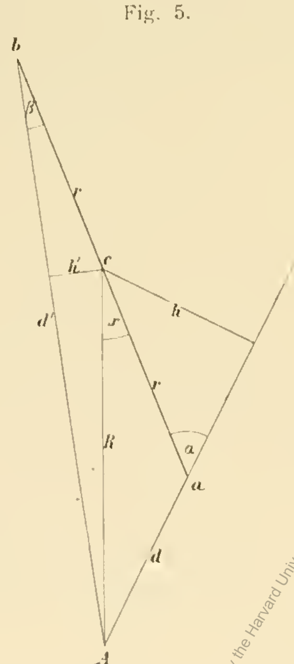
III. *c.* ganz sicher, dass nicht Störungen durch elektrische Einflüsse entstehen könnten. Um diese nun möglichst vollkommen zu vermeiden, brachte ich an derselben grossen Zinkscheibe Z hangend zwei Kugelschalen aus dünnem Messingblech an, jede um 90° von den Massen abstehend, und consequent umhüllte ich auch die Massen mit ganz gleichen Schalen aus Messing. Es waren also bei allen Stellungen der Scheibe stets vier ganz gleiche Kugelschalen in völlig gleicher Stellung. Ein etwa vorhandener elektrischer Einfluss hätte also — wenigstens im Durchschnitt bei vielen Beobachtungen — stets derselbe sein müssen, und folglich würde er von selbst eliminirt worden sein. Das Gewicht einer Schale ist im Mittel $139 \cdot 2\,gr$.

Das Verfahren war nun folgendes: Nachdem der Apparat wenigstens einen Tag vorher richtig eingestellt und vorbereitet war, wurde circa 1 Stunde lang in der »0°-Stellung« die Schwingungszeit T_{I} beobachtet. Dann wurde oben geöffnet und die Scheibe gedreht, so dass die Massen in die »90°-Stellung« kamen. Und zwar wurde dies in einer Weise ausgeführt, dass durch die schiefe Anziehung in einer Zwischenstellung die während der vorhergehenden Schwingungen kleiner gewordenen Elongationen wieder verstärkt wurden. Nachdem in dieser Stellung wieder etwas über 1 Stunde die Schwingungszeit T_{II} beobachtet war, wurde in gleicher Weise die Scheibe wieder in die »0°-Stellung« zurückgedreht, und nochmals T_{I} eine Stunde lang beobachtet. Um gewisse Fehler zu eliminiren, wurde anderemale mit der »90°-Stellung« begonnen, und nur die mittlere Beobachtung (B) in der »0°-Stellung« ausgeführt. Nennen wir nun allgemein die den drei Beobachtungen A, B, C entsprechenden Schwingungszeiten $T^{\cdot}$, $T^{:}$, $T^{\vdots}$, so wird das Mittel

$$\tfrac{1}{2}(T^{\cdot}+T^{\vdots}) \tag{2}$$

verglichen mit $T^{:}$. Die sich ergebende Differenz ist eben der Effect der Gravitation. Die beobachtete Differenz $T_{II}-T_{I} = \Delta T$ wird mit der theoretisch berechneten (»ΔT normale«) verglichen, und daraus ergibt sich leicht für das gesuchte D ein Werth aus den einzelnen Beobachtungen.

Fig. 5.



Die theoretische Berechnung der verschiedenen, die Schwingungszeit alterirenden Kräfte ergibt sich leicht aus folgender Betrachtung. In der »0-Stellung« habe der Wagearm ca eine kleine Elongation $= x$; in A sei die anziehende Masse M, und in a die angezogene Kugel m. Dann ist die absolute Kraft der Anziehung $= g = MmC : d^2$. Das durch dieselbe bewirkte Drehungsmoment ist

$$= \gamma = MmCh : d^2 = MmCr.\sin\alpha : d^2 = MmCrR.\sin x : d^3 \tag{3}$$

(wie oben III. *b.* 5.). Nach dieser Formel wurden die Kräfte gewöhnlich berechnet. —

Für einige besondere Zwecke ist es vortheilhaft, diese Wirkung analytisch in eine Reihe entwickelt zu haben. Es ist

$$\begin{aligned} d^2 &= R^2+r^2-2Rr.\cos x = (R-r)^2+4Rr\sin^2 \tfrac{1}{2}x = \\ &= (R-r^2).\left(1-\frac{4Rr}{(R-r^2)}.\sin^2 \tfrac{1}{2}x\right). \end{aligned} \tag{4}$$

$\frac{4Rr}{(R-r^2)}$ ist eine Constante, für welche wir H setzen können. Wir erhalten dann, wenn die Sinus nach der Formel

$$\sin x = x - \tfrac{1}{6}x^3 + \tfrac{1}{120}x^5 - \dots$$

entwickelt werden,

$$\gamma = \frac{MmCRr}{(R-r)^3}.x.[1-(\tfrac{1}{6}+\tfrac{3}{8}H).x^2+(\tfrac{1}{120}+\tfrac{3}{32}H+\tfrac{15}{128}H^2).x^4-\dots]. \tag{5}$$

Mit den für R und r (oben II. *c.* 1. u. 2.) angegebenen Mittelwerthen findet sich $H = 14 \cdot 0110$ unp somit für die Action beider Massen

$$\gamma = \frac{2MmCRr}{(R-r)^3}.x.[1-5\cdot421.x^2+24\cdot416\,x^4-\dots]. \tag{6}$$

und wenn auch für M und m die dort angegebenen Werthe, und für C der provisorische Werth III. *c.* $661\cdot 9641 \,.\, 10^{-10}$ (sup. Einleitung I. p. 5[189]) gesetzt werden, erhalten wir

$$\gamma = 26880\cdot 04 \,.\, x \,.\, [1 - 5\cdot 421 \,.\, x^2 + 24\cdot 416 \cdot x^4 - \ldots]\ \mu\delta; \quad (\mu\delta = 1 \text{ Mikrodyne} = 0\cdot 000001\ dyne). \tag{7}$$

Für die Wirkung auf die entferntere Kugel findet man in gleicher Weise

$$\gamma' = MmCh' : d_{\prime}^2 = MmCr \,.\, \sin\beta : d_{\prime}^2 = MmCRr\ \sin x : d_{\prime}^3. \tag{8}$$

Nun ist

$$d_{\prime}^2 = R^2 + r + 2Rr \,.\, \cos x = (R+r)^2 - 4Rr \sin^2 {}^1\!/_2 x = (R+r)^2 \,.\, \left(1 - \frac{4Rr}{(R+r)^2} \,.\, \sin^2 {}^1\!/_2 x\right). \tag{9}$$

Wird F für $\frac{4Rr}{(R-r)^2}$ gesetzt, und die Sinus entwickelt, so kommt

$$\gamma' = \frac{MmCRr}{(R+r)^3} \,.\, x \,.\, [1 - ({}^1\!/_6 - {}^3\!/_8 F) \,.\, x^2 + ({}^1\!/_{120} - {}^1\!/_{32} F + {}^{15}\!/_{128} F^2) \,.\, x^4 - \ldots], \tag{10}$$

und dies ist negativ zu setzen, weil der Effect der Torsivkraft des Drahtes entgegenwirkt. Für F erhält man den Werth $F = 0\cdot 9334$, und damit ergibt sich für die Action beider Massen

$$\gamma' = -462\cdot 188 \,.\, x \,.\, [1 + 0\cdot 1833 \,.\, x^2 + \ldots]. \tag{11}$$

Beide Actionen kann man zusammenfassen als Wirkung beider Massen auf beide Kugeln, nämlich

$$\gamma + \gamma' = 26417\cdot 85 \,.\, x [1 - 5\cdot 5191 \,.\, x^2 + 24\cdot 833 \,.\, x^4 - \ldots]. \tag{12}$$

Dieselben Formeln sind auch anwendbar für die Action der Massen auf den Arm der Wage. Doch wird die Berechnung etwas verwickelter, weil die vielen Theile, in welche der Arm zerlegt gedacht wird, um einige (h) Centimeter höher liegen, als die Massen. Die genaueren Formeln sind danach

$$\left.\begin{aligned} \gamma &= \quad MCR \,.\, x \,.\, \Sigma \frac{\mu\rho}{[(R-\rho)^2 + h^2]^{3/2}} \,.\, [1 - \ldots] \quad \text{für die nähere Hälfte und} \\ \gamma' &= -MCR \,.\, x \,.\, \Sigma \frac{\mu\rho}{[(R+\rho)^2 + h^2]^{3/2}} \,.\, [1 + \ldots] \quad \text{für die entferntere.} \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

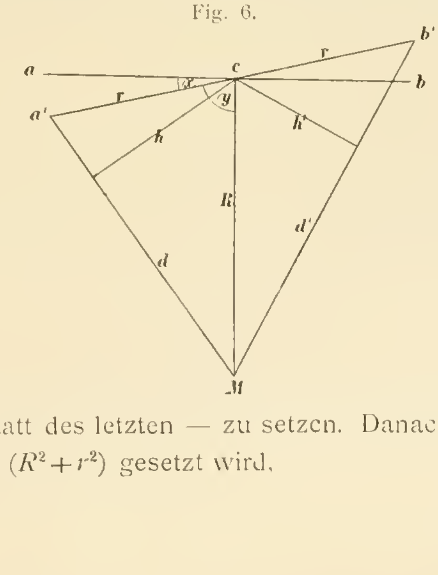
Diese Rechnung wird sehr mühsam durch die grosse Anzahl (33) der Theile, besonders, da alle einzelnen Rechnungen zwei- oder mehrmals durchgeführt und die Resultate auch in anderer Weise controlirt werden mussten. Es ergibt sich schliesslich als Action beider Massen auf den ganzen Arm

$$\gamma'' = 449\cdot 5827 \,.\, x \,.\, [1 - \ldots]; \tag{14}$$

durch Zufall ist diese Wirkung fast genau gleich der Wirkung γ' auf die fernen Kugeln, und hebt diese beinahe auf.

Die constanten Factoren dieser Formeln sind es nun, welche die durch den betreffenden Einfluss bewirkte »Richtkraft« oder »Directionskraft« angeben, durch welche die Schwingungen unterhalten und die Schwingungszeit bestimmt wird. —

Fig. 6.



Für die »90°-Stellung« findet man in ähnlicher Weise die absolute Kraft $= g = MmC : d^2$, und deren Drehungsmoment

$$\begin{aligned} \Gamma &= MmCh : d^2 = MmCr \sin\alpha : d^2 = MmCr \,.\, R \,.\, \sin y : d^3 = \\ &= MmCRr \,.\, \cos x : d^3. \end{aligned} \tag{15}$$

Hiefür kann gesetzt werden

$$\begin{aligned} \Gamma &= MmCRr \,.\, (1 - 2 \,.\, \sin^2 {}^1\!/_2 x) \,.\, (R^2 + r^2 - 2Rr \,.\, \sin x)^{-3/2}, \\ &= MmCRr \,.\, (1 - 2 \,.\, \sin^2 {}^1\!/_2 x) \,.\, (R^2 + r^2)^{-3/2} \,.\, \left(1 - \frac{2Rr}{R^2 + r^2} \,.\, \sin x\right)^{-3/2}. \end{aligned} \tag{16}$$

Für die zweite ein wenig entferntere Kugel ist nur $+$ anstatt des letzten $-$ zu setzen. Danach wird die Wirkung der Masse M auf beide Kugeln, wenn N für $2Rr : (R^2 + r^2)$ gesetzt wird,

III. c.

$$\Gamma = \frac{MmCRr}{(R^2+r^2)^{3/2}} \cdot \frac{(1-2.\sin^2 {}^1/_2 x)}{(1-N^2.\sin^2 x)^{3/2}} \cdot [(1+N.\sin x)^{3/2} - (1-N.\sin x)^{3/2}],$$
$$= \quad » \quad » \quad .[3N.\sin x - {}^1/_8 N^3.\sin^3 x + \ldots], \tag{17}$$
$$= \quad » \quad » \quad .\sin x.3N.[1 - {}^1/_{24} N^2.\sin^2 x + \ldots],$$

und wenn für das mittlere N wieder sein Werth eingesetzt wird

$$\Gamma = \frac{6MmCR^2r^2}{(R^2+r^2)^{5/2}} .\sin x. \frac{1-2.\sin^2 {}^1/_2 x}{(1-N^2.\sin^2 x)^{5/2}} .[1 - {}^1/_{24} N^2.\sin^2 x + \ldots], \tag{18}$$

Für unendlich kleine Bogen wird dies

$$\Gamma = \frac{6MmCR^2r^2}{(R^2+r^2)^{5/2}} . x. \tag{19}$$

und für beide Massen das Doppelte, aber negativ, weil der Effect der Torsivkraft des Drahtes entgegenwirkt, somit ist die Directionskraft

$$\Gamma = -\frac{12.MmCR^2r^2}{(R^2+r^2)^{5/2}} . x. \tag{20}$$

Die Wirkung auf den Arm wird mittelst derselben Formeln berechnet. Nimmt man zwei auf den beiden Armhälften sich entsprechende Theilchen von der Masse $=\mu$, im Abstand ρ von der Mitte, dann ist das in denselben durch eine Masse M bewirkte Torsionsmoment mit Rücksicht auf den Unterschied h der Höhe

$$\Gamma_1 = -6MCR^2.\sin x \frac{\mu\rho^2}{(R^2+\rho^2+h^2)^{5/2}} \tag{21}$$

und sonach die Wirkung beider Massen auf den ganzen Arm

$$\Gamma_1 = -12.MCR^2 \sin x \cdot \Sigma\left[\frac{\mu\rho^2}{(R^2+\rho^2+h^2)^{5/2}}\right]. \tag{22}$$

Werden für M, m, R, r, C die Werthe eingesetzt, so ergibt sich $N = 0\cdot875085$, und

$$\Gamma = -3115\cdot435\ x(1+0\cdot4506.x^2\ldots).\mu\delta \text{ (cf. inf. n. 44.)}; \quad \Gamma_1 = -126\cdot260.x.\mu\delta. \tag{23}$$

Die Gesammtwirkung beider Massen in der »90°-Stellung« auf beide Kugeln und Wagearme für minimale Schwingungen ist also

$$\Gamma + \Gamma_1 = -3241\cdot695.x.\mu\delta. \tag{24}$$

Diese Berechnung aus Mittelwerthen für M, m, R, r ist nun für die »90°-Stellung« hinreichend genau, sowohl weil der Betrag dieses Effectes bereits fast 10mal geringer ist als die Hauptaction in der »0°-Stellung«, als auch besonders weil die Abweichungen von den Mittelwerthen in Hinsicht auf die resultirende Wirkung in dieser Stellung sich gegenseitig weit vollständiger aufheben, als in der »0°-Stellung«, und namentlich die Fehler der Centrirung fast ohne Einfluss auf diesen Effect sind.

Allein für die Hauptaction in der »0°-Stellung« ist durchaus erforderlich, dass die Rechnung mit den genauen wirklichen Werthen und mit Rücksicht auf die Excentricitätsfehler durchgeführt werde, weil sonst sicher ein Fehler von fast $^1/_{10}$ Procent im Resultat entstehen würde. Im Folgenden sollen aus dem umfangreichen Calcul nur der Gang im Allgemeinen und die wichtigeren Theilresultate, nämlich die aus den verschiedenen Einwirkungen resultirenden Directionskräfte angegeben werden.

Wenn in der »0°-Stellung« die Masse M' oder M_A rechts steht (»Stellung I«), dann ist der Effect beider Massen

bei der Excentricität =	0 *mm*	2 *mm*	4 *mm*	
auf beide nahen Kugeln . . =	+26910·506	26970·140	27171·019 $\mu\delta$	(25)
» fernen » . .	−462·709	462·709	462·718	
den Arm	+449·583	450·460	453·090	
Summa .	26897·380	26957·891	27161·391,	

somit allgemein III. *c.*

$$\gamma = 26897\cdot380 - 5\cdot4917\,.\,e + 17\cdot8737\,.\,e^2, \tag{26}$$

wo e die Anzahl der Millimeter bedeutet, um welche das Centrum Z der Zinkscheibe rechts vom Centraldraht sich befindet. Nun war diese Excentricität a. 1892 = 3·22 *mm*, a. 1894 = 1·69 *mm*. Also betrugen die Directionskräfte in der »0°-Stellung« der Massen

	a. 1892	a. 1894	
für beide Massen auf beide Kugeln und Arm wirkend . .	+27065·017	26939·147	(27)
» » Schalen in »90°-Stellung« auf beide Kugeln . .	— 46·447	46·447	
» » » » » den Arm	— 1·873	1·873	
Summa .	27016·697	26890·854 $\mu\delta$.	

Für die »90°-Stellung« der Massen erhalten wir die Action

der zwei Massen in »90°-Stellung« auf beide Kugeln . .	= —3115·435	(28)
» » » » » » den Arm	— 126·260	
» » Schalen » »0°-Stellung« » beide Kugeln .	+ 372·73	
» » » » » » den Arm	+ 6·342	
folglich die Summe aller Directionskräfte	= —2862·623 $\mu\delta$	
und die Gesammtsumme aller Gravitations-Effecte nahezu	= 29816·4 $\mu\delta$.	(29)

Nun ist die Torsivkraft des Drahtes und somit die Directionskraft bei ungestörten Schwingungen für die Schwingungszeit $T_0 = 1292^s$ (cf. sup. II. *c.* 6)

$$\tau = 401917\cdot9\ \mu\delta. \tag{30}$$

Folglich ist die gesammte Directionskraft

a. 1892 für die »0°-Stellung« . . .	= 428934·6 $\mu\delta$	
a. 1894 » » » . . .	428808·75	(31)
beide Male für die »90°-Stellung . .	399055·28.	

Hieraus endlich in Verbindung mit dem Trägheitsmoment (sup. II. *c.* 5.) folgt die Schwingungszeit

T_I a. 1892 . .	= 1250·650 Secunden	(32)
a. 1894 . .	1250·833 »	
T_{II} . .	1296·626 »	

Somit die »Normaldifferenz« $\Delta T = T_{II} - T_I$

$$\left.\begin{array}{l}\text{a. } 1892 = 45\cdot976^5 \text{ Secunden}\\ \text{a. } 1894 = 45\cdot792^9 \quad »\end{array}\right\} + 0\cdot104\,.\,(T_0 - 1292^s); \tag{33}$$

Die beigefügte »Correction von T_0« ergibt sich leicht, wenn statt der angenommenen Schwingungszeit $T_0 = 1292^s$ dieselbe Rechnung noch für eine andere, z. B. 1298ˢ ausgeführt wird. Das hiefür in jedem einzelnen Fall anzunehmende T_0 kann aber aus den zugehörigen T_{II} oder T_I leicht berechnet werden. Denn nach obigem Calcul ist $T_{II} - T_0 = 4\cdot626^s$, und $T_{II} - T_I$ im Mittel $= 45\cdot885^s$, somit

$$T_{II} - T_0 = 0\cdot101\,.\,(T_{II} - T_I), \tag{34}$$

womit T_0 sehr leicht gefunden wird. Dennoch ist dies nicht so ganz einfach. Vielmehr müssen, um mit T_I und T_{II} das richtige T_0 zu finden, beide vorher auf unendlich kleine Schwingungen reducirt werden (das Nähere hiefür im Folgenden und IV. *b.* 2. inf.). Und ferner muss das T: der mittleren Beobachtung (sei es nun T_I oder T_{II}) einer Correction unterzogen werden, welche ich »Lockerung« nenne (inf. IV. *b.* 3.), und dann erst kann das richtige

$$\Delta T \text{ aus } T_I \text{ und } T_{II} \tag{35}$$

abgeleitet werden. Praktische Beispiele hiefür folgen später V. *b.* (Eigentlich sollten T_I und T_{II} vorher auch noch von der »Dämpfung« corrigirt werden; ich habe jedoch aus guten Gründen vorgezogen, die »Dämpfung« als eigene Correction später in anderer Weise in Rechnung zu bringen [inf. IV. *b.* 1.). —

III. *c.* Wenn in der »0°-Stellung« die Masse M' oder M_4 auf der linken Seite sich befindet (»Stellung III«), dann ergeben sich etwas andere Zahlen. Der Effect beider Massen ist dann:

bei der Excentricität =	0 *mm*	2 *mm*	4 *mm*	
auf beide nahen Kugeln . . =	+26941·054	26917·705	27034·671 $\mu\delta$	(36)
» » fernen » . .	—462·823	462·703	462·733	
» den Arm	+449·583	450·460	453·090	
Summa .	26928·814	26905·462	27025·028	

und allgemein

$$\gamma = 26928·814 - 70·7575\ e + 17·865\ e^2;$$

die Excentricität e war bei dieser Stellung stets $= 1·69\,mm$, und somit ist der Torsionseffect für die »0°-Stellung« der Massen

von beiden Massen auf beide Kugeln und Arm . . . . . $= +26860·253\ \mu\delta$.
» » Schalen in »90°-Stellung« auf beide Kugeln . — 46·447 (37)
» » » » » » den Arm . . — 1·873,
somit der Totaleffect in der »0°-Stellung« der Massen . $= +26811·933\ \mu\delta$.

Für die »90°-Stellung« der Massen gilt das obige —2862·623. (Der Gesammteffect ist $= 29675\ \mu\delta$.) Hieraus ergibt sich wie oben

$$T_{I} = 1250·9194^{s}; \quad T_{II} = 1296·6257^{s}, \tag{38}$$

folglich die Normaldifferenz $= T_{II} - T_{I} = \Delta T$ normale $= 45·7064$ Secunden, mit derselben Correction für T_0 wie oben, nämlich $+0·104.(T_0 - 1292^s)$, für welche das T_0 aus T_{II} und T_{I} berechnet wird, wie oben (34, 35) angegeben wurde.

Die weitere Rechnung ist sehr einfach. Das theoretisch ermittelte »Normal-ΔT« wird verglichen mit dem ΔT, welches die Beobachtungen ergeben, und daraus findet man leicht, um wieviel die provisorischen D oder C corrigirt werden müssen, um die wahren Werthe zu ergeben. —

Die oben analytisch entwickelten genaueren Formeln können nun für manche nebensächliche Zwecke dienen, so namentlich, um die Correction der »Reduction« auf unendlich kleine Schwingungen wenigstens zum Theil zu bestimmen. Die verschiedenen Umstände, welche die Directionskraft beeinflussen, sind in Mikrodynen ausgedrückt:

a) in der »0°-Stellung« der Massen

1. $+401917·9.x$ ist die Directionskraft des Drahtes,
2. $+26880·04.x.(1 - 5·421.x^2 + 24·416.x^4 - \ldots)$ = dem Torsionseffect beider Massen auf die nahen Kugeln für Mittelwerthe von M, m, R, r (cf. sup. n. 7). (39)
3. $-462·19.x.(1 + 0·1833.x^2 - \ldots)$, id. auf die fernen (sup. n. 11),
4. $+449·6.x.(1 - x^2 + \ldots)$ id. auf den Arm (angenähert; ein etwaiger Fehler im zweiten Glied ist fast ohne Einfluss).
5. $-48·32.x.(1 + 0·44.x^2)$ = Effect der zwei Schalen in »90°-Stellung« (cf. n. 27 und inf. *b.* 2. n. 42).

Werden alle diese Einflüsse in eine Formel zusammengefasst, so kommt

$$\Gamma = 428737.x.(1 - 0·34190.x^2 + \ldots)\ \mu\delta \tag{40}$$

als Werth der Directionskraft in dieser Stellung.

Nun ist beim gewöhnlichen Pendel die Directionskraft $\Gamma = k.\sin x = k.x.(1 - {}^1/_6 x^2 + {}^1/_{120} x^4 - \ldots)$, und die Reduction dafür ist $-{}^1/_{16}.E^2$ (wenn E die grösste Elongation bedeutet). Folglich ist die Reduction für unser T_{I}

$$Red_1 = -\frac{0·34190}{16}.6.E^2 = -0·128213.E^2, \tag{41}$$

soweit sie durch die Massen und Schalen allein bedingt ist.

b) Für die »90°-Stellung« der Massen bestehen die Kräfte: III. *c.*

1. $+401917\cdot 9 . x =$ Torsivkraft des Drahtes.
2. $-3115\cdot 43 . x . (1+0\cdot 4506 . x^2) =$ Effect der Massen auf die Kugeln (cf. n. 28.). (42)
3. $-\ 126\cdot 26 . x . (1+0\cdot 2\ \ . x^2) =$ » » » » den Arm (cf. n. 28.).
4. $+\ 372\cdot 73 . x . (1-5\cdot 5191 . x^2+\ldots) =$ Effect beider Schalen in »0°-Stellung« auf beide Kugeln (cf. 12.).
5. $+\ \ 6\cdot 342 . x . (1-x^2+\ldots) =$ id. auf den Arm (cf. n. 28. und n. 39. 4.).

Diese Effecte zusammenfassend, erhalten wir

$$F = 399055\cdot 3 . x . (1-0\cdot 0087525 . x^2+\ldots), \tag{43}$$

woraus die Reduction sich ergibt

$$Red_{II} = -\frac{0\cdot 0087525}{16} . 6 . E^2 = -0\cdot 003295 . E^2, \tag{44}$$

also fast verschwindend klein.

Hiebei wurden die zweiten Glieder für *b.* 2. und für *a.* 5. analytisch aus obiger Gleichung III. *c.* 18. abgeleitet, ähnlich wie früher III. *c.* n. 6. aus n. 4. abgeleitet wurde. Daraus ergab sich auch das zweite Glied für *b.* 3.; jedoch dies nur als rohe Annäherung, weil eine genaue Berechnung überaus mühsam und ein etwaiger Fehler von sehr geringem Einfluss wäre.

Die Differenz der beiden Reductionsfactoren ist also

$$Red_{I} - Red_{II} = 0\cdot 124914. \tag{45}$$

In Wahrheit sind nun die Reductionen erheblich stärker. Aber die Umstände, welche dies bewirken (die Attraction der Mauern und anderer in der Nähe befindlichen Gegenstände) sind für T_I und für T_{II} ganz dieselben. Die Reductionen sind also stärker, aber die Differenz der beiden Reductionsfactoren muss $= 0\cdot 124914$ sein. Die weitere Bestimmung folgt in Abschn. IV, *b.*—

IV. Correctionen.

An den durch diese Methoden gewonnenen Resultaten sind nun zahlreiche Correctionen anzubringen. IV.
Die meisten derselben sind allerdings sehr klein, aber sie müssen doch berücksichtigt werden, weil sie sonst zusammengenommen das Resultat möglicherweise um fast 1 Procent unrichtig gestalten könnten.

Um den Betrag dieser Correctionen leichter ausdrücken zu können, ist es vortheilhaft für dieselben kleinere Einheiten anzunehmen. Als solche scheinen ganz geeignet a) 1 *dm*, d. i. $^1/_{10000}$ des Ganzen oder $^1/_{100}$ Procent (deci millesima pars, oder dix-millième), was somit absolut $= 0\cdot 000553$ wäre, und b) 1 *t.* = 1 Einheit der dritten Decimale (tertia decimalis), somit $= 0\cdot 001$.

Im Allgemeinen strebte ich hiebei an, dass alle Correctionen berücksichtigt würden, deren Betrag = oder > als 1 *dm* wäre. Bei manchen bin ich aber in der Genauigkeit viel weiter gegangen, wenn das leicht geschehen konnte.

a. Correctionen für die Deflexionsmethode.

1. Die bei weitem wichtigste Fehlerquelle für diese Methode ist in der sogenannten Elastischen Nachwirkung gelegen. Wenn eine ablenkende Kraft längere Zeit einwirkt — und bei den Beobachtungen dauert die Einwirkung 60 bis 80 Minuten — dann ist nur ganz am Anfang dieser Zeit die Ablenkung die normale, und sie wird sofort um kleine Beträge immer grösser. Nun ist es aber gerade am Anfang ganz unmöglich, die Ablenkung zu messen, indem mindestens $^1/_4$ Stunde vergehen muss, bis die erste abgelenkte Stellung genau bestimmt werden kann. Es war zu befürchten, dass diese Fehlerquelle das Resultat ganz bedeutend fälschen könne, nachdem Prof. E. Kohlrausch (Pogg. Ann. Bd. 119, S. 337...) sogar an Glasfäden Einwirkungen beobachtet hat, welche mehrere Procente betrugen. Glücklicherweise haben sich für meinen Messingdraht nur sehr viel geringere Beträge ergeben. IV. *a.*

IV. *a.* Eine genaue Bestimmung dieses störenden Einflusses hat erhebliche Schwierigkeiten. Eine einigermassen genügende Theorie der elastischen Nachwirkung existirt überhaupt noch nicht, und namentlich sind die Gesetze für die »Superposition« mehrerer successiver Einwirkungen — wie sie gerade bei den vorliegenden Untersuchungen nothwendig vorkommen — noch fast gänzlich unbekannt. Aber auch wenn diese Gesetze bekannt wären, würde wenig gewonnen sein, weil in den Formeln manche Constanten vorkommen, welche von der Beschaffenheit des verwendeten Drahtes abhangen, und welche bei verschiedenen Drähten sehr bedeutende Unterschiede zeigen, selbst wenn diese aus dem gleichen Material hergestellt sind.

Es war deshalb unumgänglich nothwendig, dass eigens Versuche mit demselben Draht angestellt wurden, d. h. mit einem Stück Drahtes von derselben Rolle, und welches mit dem eigentlichen Suspensionsdraht ein zusammenhängendes Ganzes gebildet hatte. Die Versuche mussten so eingerichtet werden, dass sie ohne den grossen schwierigen Umweg durch eine vollständige Theorie doch die zu bestimmenden Correctionen thunlichst leicht zur Darstellung brachten. Dazu war erforderlich: 1. dass bei diesen »Elasticitätsversuchen« möglichst genau ganz dieselbe Art von Einwirkungen und Superpositionen stattfinde, wie bei den »Gravitationsversuchen«, und 2. dass die eintretenden elastischen Nachwirkungen leicht und sicher gemessen werden können. Ich verfuhr also in folgender Weise:

Als Hauptinstrument diente mir ein vorzügliches bereits oben II. *c.* erwähntes Inclinatorium von J. Dover. Ich habe dasselbe in einer Weise vervollständigt, dass es auch als Declinometer und Magnetometer, wie auch als Theodolit dienen kann. Bei diesen Untersuchungen diente es als Declinometer. An einem ca. 30 *cm* langen Stück von demselben 0·055 *mm* dicken Messingdraht wurde ein leichter schwacher Magnet suspendirt (zwei Stücke einer etwa 8 *mm* breiten Uhrfeder, welche mit zwischenliegendem Holz in einem Schiffchen befestigt sind). Der Magnet muss schwach sein, weil sonst die Torsivkraft des Drahtes dagegen fast verschwinden würde, und er muss leicht sein, damit trotzdem die Schwingungen doch von kurzer Dauer seien. An der Seite des Schiffchens ist ein kleiner Spiegel befestigt, und in diesem wurden mit einem vortrefflichen Fernröhrchen von 15 *mm* Öffnung die Bewegungen des Magnetes mittelst »Selbstreflexion« beobachtet, d. h. mit einer im Focus des Röhrchens angebrachten Glasscala, welche von der Seite des Auges her durch ein unbelegtes Spiegelglas belichtet wurde. Die Scala stellte ich selbst her mittelst eines feinen Instrumentes, welches Scalen mit beliebigen Zwischenräumen herzustellen gestattet, und zwar so, dass Fehler von 0·003 *mm* sicher nicht vorkommen. Die Scala wurde so ausgeführt, dass ein Theil derselben, direct gemessen, d. h. mit dem als Theodolit benützten Instrument, einem Winkel von genau 2 Bogenminuten entsprach, somit in der Bewegung des Magnetes gerade 1 Minute darstellte. Die Ablesungen geschahen durch Schätzung bis auf $^1/_{10}$ Minute. Da für eine Ablenkungsnotirung wenigstens drei Ablesungen verwendet wurden, so können die Notirungen als genau auf $^1/_5$ Minute angesehen werden. Durch die sehr grosse Anzahl von Notirungen, welche durch eine Curve dargestellt und ausgeglichen wurden, ist die Fehlergrenze gewiss noch weit geringer geworden. Der Mittelstrich der Scala ist besonders stark und geht durch das ganze Sehfeld hindurch. Das reflectirte Bild desselben dient als Index für die Scala. Dieses bietet bis auf ca. 30′ beiderseits eine ganz gute Ablesung. Aber die zwanzigsten Striche auf jeder Seite sind gleichfalls viel länger und stärker ausgezogen, so dass auch diese als Index dienen können. Auf diese Weise erzielte ich einen Umfang der Scala = 45′ bis 50′ beiderseits, was mehr als hinreichend ist.

Das obere Ende des Drahtes ist an einem graduirten Torsionskopf befestigt, welcher die Torsionswinkel zu messen gestattet, mit einer directen Ablesung auf 4′. Das Instrument wurde nun auf einer von Erschütterungen völlig freien Unterlage zunächst so aufgestellt, dass das Rohr senkrecht zum magnetischen Meridian stand, was mittelst Miren von genau bekanntem Azimuth leicht erreicht wurde. Dann wurde der Torsionskopf so gedreht, dass das Bild des Mittelstriches auf diesen selbst einspielte und der Torsionskopf abgelesen. Darauf wurde das Instrument um seine verticale Axe um 30° gedreht (die Kreise geben direct 30″ an) und der Torsionskopf wieder gedreht, bis der Mittelstrich einspielte. Es ergab sich aus mehrfachen Messungen, dass eine Torsion um 478° erforderlich war, um einer Ablenkung des Magnetes um 30° das Gleichgewicht zu halten.

Nach dieser Vorbereitung wurde nun nach längerer Ruhe des freihängenden Drahtes so verfahren: IV. *a.*

A. Nachdem das Instrument gut im magnetischen Meridian aufgestellt war (nach der vorher angegebenen Methode), wurde der Magnet mittelst einer feinen, bereits früher hergestellten Arretirvorrichtung festgehalten, und so das Instrument um 30° gedreht. Dann erst wurde am Torsionskopf die Drehung um 478° thunlichst schnell ausgeführt, die Arretirung aufgehoben und sofort beobachtet. Drei aufeinanderfolgende Extremstellungen der kleinen Schwingungen reichten hin, um die Mittellage zu bestimmen, und so konnte ich gewöhnlich schon 40 bis 50 Secunden nach der Herstellung der Torsion eine Mittellage notiren. Danach wurde über eine Stunde lang beobachtet, indem möglichst viele Mittellagen aus je 3 oder 4 Extremstellungen ermittelt und zugleich mit der entsprechenden Zeit notirt wurden. Dabei wurde das Instrument nicht berührt. (NB. Dies scheint mir entschieden besser als das Verfahren, welches Kohlrausch befolgte, indem er durch Drehung des Instrumentes der Ablenkung beständig folgte und die Drehung ablas. Doch konnte Kohlrausch wahrscheinlich nicht anders verfahren, weil er ein ganz anderes Instrument — Sinus-Elektrometer — benützte.)

B. Nachdem in dieser Weise so viel Zeit verflossen war, als bei den Gravitationsbeobachtungen die erste Operation (*A*) dauert, d. h. ca. 65 Minuten, wurde der Magnet wieder arretirt und das Instrument im Azimuth um 60° rückwärts gedreht, d. h. in das magnetische Azimuth = 30° auf der entgegengesetzten Seite gebracht. Danach wurde der Torsionskopf um 2.478° = 956° rasch gedreht, die Arretirung aufgehoben und sofort wieder beobachtet.

C. Nachdem abermals ca. 65 Minuten verstrichen waren, wurde der Magnet arretirt und das Instrument wieder in das erste magnetische Azimuth = 30° gebracht, der Torsionskopf um 956° zurückgedreht die Arretirung ausgelöst und sogleich wieder beobachtet.

D. Endlich nach nochmaligem Verlauf derselben Zeit wurde der Magnet wieder arretirt, das Instrument um 30° zurück in die anfängliche Stellung, d. h. in den magnetischen Meridian gebracht, der Torsionskopf um 478° zurückgedreht, die Arretirung aufgehoben und sofort beobachtet.

Jede dieser vier Beobachtungen gab als nächstes Resultat eine Reihe von Mittellagen des abgelenkten Magnetes, welche sich graphisch als Curve darstellte. Die Curven *A*, *B*, *C* in Taf. II bringen die elastische Nachwirkung unter dem Einfluss einer aus der eigentlichen Ruhelage deflectirenden Kraft zur Anschauung, und die Curve *D* die Rückkehr des ganz frei gelassenen Magnetes aus der abgelenkten Stellung gegen jene Ruhelage. Obgleich nun sorgfältig beobachtet wurde, alles bewegliche Eisen vermieden, und alle Schlüssel, Brillen, Nickeluhrkette u. s. w. vorher entfernt wurden (NB. besonders störend erwies sich eine Stahlbrille trotz ihres geringen Gewichtes, aber auch die Fensterladen, Thüren u. s. w. störten ganz erheblich durch die daran befindlichen Riegel u. s. w., wenn sie nicht in constanter Stellung erhalten wurden), zeigten doch diese Curven manche Unregelmässigkeiten. Um dieselben zu eliminiren, wurde jede Curve 4-, 5-, 6mal von neuem bestimmt und bei jeder ein wenig und nur ganz augenfällige Unregelmässigkeiten graphisch verbessert, dann die Ordinaten, welche den Zeiten 1^m, $2^m \ldots 64^m$ entsprechen, numerisch ausgedrückt und durch Rechnung zu den entsprechenden Mittelwerthen vereinigt. Diese Werthe endlich ergaben die Ordinaten, welche für die Construction der definitiven Curven *A*, *B*, *C*, *D* verwendet wurden, wie sie in Taf. II, Fig. 8 dargestellt sind.

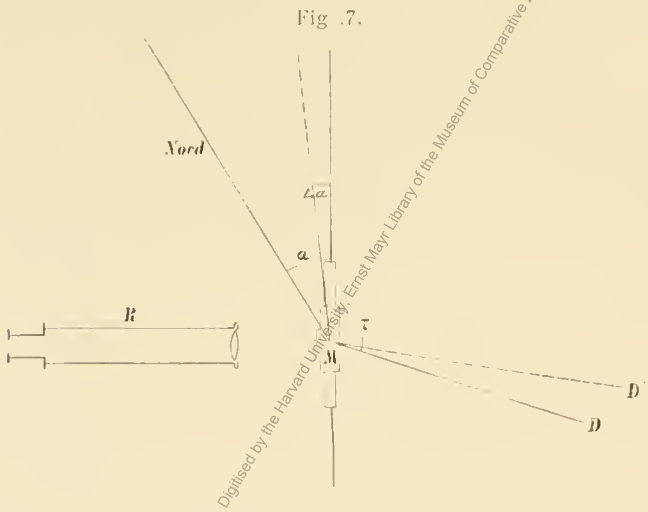
Um hierin einige Genauigkeit zu erreichen, ist durchaus nothwendig, dass die Variationen der Declination eliminirt werden. Ich fertigte zu diesem Zweck eigens ein kleines Declinometer an. Dasselbe ist auf einem soliden, an der Mauer gut befestigten Consol ohne Eisen festgeschraubt. An einem ca. 60 *cm* langen ungedrehten Seidenfaden hängt in vollkommen verschlossenem Kasten ein stärkerer Magnet von ca. 10 *cm* Länge in einem mit Spiegel versehenen Schiffchen, und gestattet ganz in derselben Weise, wie oben beschrieben wurde, mittelst »Selbstreflexion« die Beobachtung der Stellung des den täglichen Variationen folgenden Magnetes. Von diesen Variationen wurden die Angaben des Hauptinstrumentes vorher befreit (mit Berücksichtigung der Torsivkraft des Drahtes), ehe sie in Rechnung gezogen wurden. Streng genommen, hätten in gleicher Weise auch die Variationen der Intensität eliminirt werden sollen, doch ist der

IV. *a.* Einfluss derselben ein weit geringerer, und da zudem diese Versuche zu sehr verschiedenen Tageszeiten angestellt wurden, so dass die Variationen der Intensität bald in plus, bald in minus einwirkten, so glaubte ich, dass im Mittel aus vielen Beobachtungen der restirende Einfluss als nahezu verschwindend klein angesehen werden könnte.

Diese Curven geben nun an, in welcher Weise die Lage eines an einem elastischen Draht suspendirten Körpers sich ändert: *A.* wenn eine (angenähert) constante Kraft ihn aus der Ruhelage zu entfernen strebt; — *B.* wenn sogleich nach dieser Einwirkung eine gleichstarke Kraft einen Zug in der entgegengesetzten Richtung ausübt; — *C.* wenn sofort nach diesem Einfluss wieder die erste Kraft einwirkt — und *D.* wenn auch diese Einwirkung plötzlich aufhört und der Körper sich selbst überlassen wieder allmählich seiner anfänglichen Ruhelage zustrebt. — Dies sind nun aber offenbar ganz dieselben Umstände, welche bei den »Gravitationsexperimenten« stattfinden, und ein wesentlicher Unterschied ist nicht vorhanden. Der Hauptunterschied besteht darin, dass bei diesen Elasticitätsexperimenten die elastische Kraft die schwächere ist, während sie bei den Gravitationsexperimenten die stärkere ist, und dass dem entsprechend bei jenen die langsame Änderung der Lage gegen die Hauptruhelage hin gerichtet ist, während sie bei diesen eine Bewegung von der Mittellage weg vollzieht. Dieser Umstand ändert aber offenbar nichts Bemerkbares an den Grössenverhältnissen dieser Änderungen, auf welche allein es hier ankommt. Ein zweiter Unterschied besteht darin, dass der Einfluss der Gravitation ein fast vollkommen constanter ist, während die magnetische Kraft bei den Elasticitätsexperimenten allmählich etwas schwächer wird in dem Masse, als das magnetische Azimuth des Magnetes etwas abnimmt. Dieser Unterschied ist aber von sehr geringer Bedeutung, denn die Abnahme erreicht auch in ihrem Maximalbetrag bei weitem nicht 1 Procent, und folglich würde die Vernachlässigung derselben nur einen Fehler von weniger als $^1/_2$ Procent an der Correction bewirken. Da nun die Correction selbst nur ca. $^1/_4$ Procent des Hauptresultates ausmacht (wie sogleich gezeigt werden wird), so würde der Fehler nur höchstens $^1/_{100000}$ desselben betragen. Um indess denselben doch einigermassen zu berücksichtigen, ohne sehr mühsame Rechnungen auszuführen, habe ich die Nachwirkungen bei den Elasticitätsversuchen im Mittel um fast $^1/_2$ Procent grösser angenommen. Von dieser Seite ist somit kein Fehler zu befürchten.

Die Curven geben nun den Betrag in Bogenminuten und in Beziehung zu der bei den Elasticitätsexperimenten getroffenen Anordnung. Da nun die Ablenkung des Magnetes $= 30° = 1800'$ war, so kann man schon mit einiger Annäherung annehmen, dass $1'$ ungefähr $^1/_{1800}$ der ganzen Kraft entspreche. Einen genaueren Werth gibt folgende Betrachtung. Es sei M der Magnet, R das Beobachtungsrohr, m das Moment und α das magnetische Azimuth des Magnetes, MD die Richtung desselben ohne Torsion, und somit τ der Torsionswinkel, T die Torsivkraft des Drahtes und H die Horizontalkraft des Erdmagnetismus, dann ist allgemein

Fig .7.



$$H.m.\sin\alpha = T.\tau. \tag{1}$$

Nun tritt die elastische Nachwirkung ein und α wird kleiner, weil das Torsionsmoment des Drahtes etwas nachlässt.

Dies ist nur möglich, wenn entweder die Torsivkraft des Drahtes selbst abnimmt, oder wenn bei constant bleibendem T die Ruhelage sich ändert, etwa von D bis D'. Beide Betrachtungsweisen führen genau zu demselben Resultat, doch die erstere scheint den Gravitations-Experimenten mehr entsprechend. Da also die Ruhelage D (wo die Torsion $= 0$ ist) sich nicht ändert, so folgt, dass der Torsionswinkel um ebensoviel zunimmt, wie die magnetische Ablenkung α abnimmt, $\Delta\tau = -\Delta\alpha$. Nun folgt aus der obigen Gleichung (1) durch Differentiation $H.m.\cos\alpha.\Delta\alpha = T.\Delta\tau + \tau.\Delta T = \tau.\Delta T - T.\Delta\alpha$. Dividirt man diese

Gleichung mit der obigen (1), so kommt $\operatorname{cotg}\alpha.\Delta\alpha = \frac{\Delta T}{T} - \frac{\Delta\alpha}{\tau}$, folglich $\frac{\Delta T}{T} = \Delta\alpha(\operatorname{cotg}\alpha + {}^1/_\tau)$. Es kann IV. *a* somit aus dem beobachteten $\Delta\alpha$ die gesuchte Änderung der Torsivkraft T in Bruchtheilen des Ganzen gefunden werden. Setzen wir $\Delta\alpha = 1' = 1/3437 \cdot 75$, so folgt, dass das entsprechende $\frac{\Delta T}{T} = (\operatorname{cotg}\alpha + 1/\tau) : 3437 \cdot 75$ ist. Nun ist nach genauerer Discussion der Beobachtungen $\alpha = 30°2'0$, $\tau = 477°59'2$, folglich $\tau = 477°986 . \pi : 180° = 8 \cdot 341$, und $1/\tau = 0 \cdot 1199$, $\operatorname{cotg}\alpha = 1 \cdot 7297$.

Also wird $\frac{\Delta T}{T} . 100 = 1 \cdot 8496 . 100 : 3437 \cdot 75 = 1 : 18 \cdot 5865$. Es folgt also, dass das entsprechende $\frac{\Delta T}{T}$ nur $= 1/18 \cdot 5865$ Procent ist. Es wäre also eine Nachwirkung $= 18 \cdot 5865'$ erforderlich, um einer Änderung der Torsionskraft um 1 Procent zu entsprechen. Wir setzen dafür 18'50, womit der oben angedeutete kleine Fehler hinreichend genau berücksichtigt ist.[1]

Die praktische Anwendung der Curven auf die Beobachtungen ist nun ziemlich einfach. Die theoretisch richtige, d. h. von Nachwirkung freie »Normallage« ist in Curve A offenbar deren Anfang. Dieser kann nun freilich nicht beobachtet werden. Allein da schon ca. $^3/_4$ Minuten nach demselben die auf Beobachtungen gestützten Ordinaten beginnen, so kann aus dem Verlauf der Curve durch eine kleine Extrapolation der Anfang derselben mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden. Und sollte hiebei auch ein kleiner Fehler begangen werden, so würde derselbe doch fast gänzlich eliminirt werden durch die völlig analogen Fehler, welche bei den anderen Curven begangen wurden. Nachdem nun die Einwirkung ca. 65 Minuten gedauert hat, ist der Betrag der Nachwirkung = 10'1. — Nun ist zu Anfang der Curve B der Zustand des Drahtes für einen Augenblick identisch mit dem Endzustand der Curve A, und folglich liegt dieser Anfang um 10'1 unter der Normalen, wie es die Figur zeigt. Im Verlauf von weiteren 65 Minuten lässt aber der Draht um 14'75 nach, und somit kommt das Ende der Curve B um 4'65 über die Normale. — Der Anfangszustand für Curve C ist nun wieder identisch mit dem Endzustand von B, und somit liegt der Anfang um 4'65 über der Normalen. Die Nachwirkung bei C beträgt 13'3, und folglich kommt das Ende von C um 8'65 unter die Normale. In Curve D endlich (welche aber hiebei keine Verwendung findet) liegt somit der Anfang um 8'65 unter der Normalen, und die Curve nähert sich dieser als einer Asymptote.

Man kann also aus den Figuren durch einfaches Ablesen sogleich ersehen, um wieviel zu einer beliebigen Zeit während des ganzen Verlaufes der Beobachtungen die gerade stattfindende Stellung von der normalen abweicht, und nach welcher Seite.

Nun sind bei den Deflexionsbeobachtungen die Durchgänge 1, 2, 3... durch die Mittellage ziemlich regelmässig geschehen um 5^m, $15^m 50^s$, $26^m 40^s$, $37^m 30^s$, $48^m 20^s$, $59^m 10^s$ [2] später als die Massen auf die entsprechende Einwirkung eingestellt wurden. Diese Zeiten sind in den Figuren durch punktirte Linien bezeichnet, und es ist daraus durch einfaches Ablesen ersichtlich, dass die durch die Nachwirkung verursachten Fehler im Sinne der Ablenkung betragen bei

	beim 1.	2.	3.	4.	5.	6. Durchgang
Beobachtung A	+5'40	+7'15	+8'00	+8'75	+9'15	+9'80
» B	−2·90	+0·20	+1·55	+2·66	+3·52	+4·31
» C	+1·74	+4·80	+6·00	+6·95	+7·72	+8·35.

Gewöhnlich wurden nun 6 Durchgänge beobachtet und daraus 4 Mittellagen abgeleitet, entsprechend den Zeiten des 2., 3., 4., 5. Durchganges. Folglich ist das

[1] Die Curven zeigen, dass in keinem Fall nach mehr als einstündiger Einwirkung der Draht um einen Winkel von 18' nachgegeben hat. Dies Ergebniss schien mir auffallend, nachdem bei den erwähnten Versuchen von Prof. E. Kohlrausch (l. c.) ein Glasfaden in derselben Zeit eine Abnahme der Torsivkraft um ca. 2·6 Procent gezeigt hat (fast 5mal mehr als bei meinen Versuchen eintrat). Ob dies der ausgezeichneten Qualität des von mir verwendeten Messingdrahtes zuzuschreiben sei, oder ob Kohlrausch wegen der bedeutend grösseren Kräfte ein grösseres Resultat erhielt, kann ich nicht entscheiden.

[2] Diese Zahlen sind ein wenig fehlerhaft; doch wird das Resultat dadurch nur sehr wenig alterirt. (cf. V. *a.* fin.)

IV. *a.* Mittel für A fehlerhaft um $\frac{1}{4}(7\cdot15+8\cdot00+8\cdot75+9\cdot15) = +8^s262$
» B » » $\frac{1}{4}(0\cdot20+1\cdot55+2\cdot66+3\cdot52) = +1\cdot982$
» C » » $\frac{1}{4}(4\cdot80+6\cdot00+6\cdot95+7\cdot72) = +6\cdot367$.

Das Mittel aus A und C ist somit fehlerhaft um $+7^s315$, und endlich die aus $\frac{1}{2}(A+C)$ und B abgeleitete Deflexion um $\frac{1}{2}(7\cdot315+1\cdot982) = +4^s6485$. Dies beträgt nun in Procenten nach der obigen Discussion $= 4\cdot6483 : 18\cdot50 = +0\cdot0025128$, d. h. $+0\cdot25128$ Procent, oder $+25\cdot128\,dm$. Um diesen Betrag ist also die beobachtete Deflexion in minus zu corrigiren, oder das Hauptresultat D in plus.[1]

Bei einigen Beobachtungen waren die Zeitintervalle etwas verschieden, bei denselben enthielt nämlich eine Beobachtung nur 5 Durchgänge statt 6, bei anderen 7. Dadurch wird die Correction ein wenig verschieden von der angegebenen, doch in jedem Fall kann dieselbe nach der gleichen Methode hinreichend genau bestimmt werden.

2. Die elastische Nachwirkung stört noch in einer anderen Weise die Deflexionsbeobachtungen, indem sie die Maximal-Elongation E ein wenig vergrössert. Im Verein mit dem Luftwiderstand bewirkt sie die sogenannte »Dämpfung«. Der Betrag derselben wird bestimmt wie die Dämpfung bei Oscillationsbestimmungen (inf. IV. *b.* 1). Die Änderung der Schwingungszeit ergibt sich verschieden, nach der Verschiedenheit des Schwingungs-»Decrementes«. Sie beträgt für a. 1892 sehr nahe $\Delta T = -0^s588$ entsprechend dem Decrement $1\cdot0723$; für a. 1894 ist sie $= -0^s485$ bis Ende Juli und -0^s440 für die späteren Beobachtungen, entsprechend den Decrementen $1\cdot0555$ und $1\cdot0479$.

3. Die Reduction auf unendlich kleine Bogen ist eine weitere an T anzubringende Correction. Die Berechnung geschieht wie unten IV. *b.* 2. Der Betrag ist aber für die Deflexionsbeobachtungen ein geringer, weil die Maximal-Elongation E nur 11 bis $12p$ beträgt. Das entsprechende ΔT ist $= -0^s083$ für a. 1892 und -0^s043 für *a* 1894.

Die sogenannte »Lockerung« (cf. inf. IV. *b.* 3) alterirt zwar ebenfalls die Schwingungszeit. Aber eine Correction dafür ist nicht anzubringen, weil die Schwingungszeit nur in Folge der etwas verringerten Torsivkraft des Drahtes alterirt wird. Die beobachtete Schwingungszeit entspricht dabei genau der gerade statthabenden Torsivkraft. Nur dann ist für die Änderung von T eine Correction nothwendig, wenn dieselbe erfolgt ohne dass gleichzeitig die Torsivkraft entsprechend alterirt wird. (cf. inf. IV. *b.* Einl.)

4. Eine stärkere Correction ist nothwendig wegen der nicht ganz kugelförmigen Gestalt der Massen. Die eigentlichen Massen sind zwar gut sphärisch hergestellt und auch die eiserne Wandung ist überall gleich dick (ca $5\,mm$). Allein es musste doch ein starker Bügel (B in Fig. 6, Taf. II) angeschraubt werden (ca. $15\,gr$), um sie aufhängen zu können, und auch die beiden dazu dienenden Schrauben sind ziemlich stark (jeder Kopf ca. $2\,gr$). Zudem musste oben eine Öffnung gelassen und ein Glasröhrchen (ca. $10\,mm$ weit, $27\,mm$ lang) eingeschraubt werden, damit das Quecksilber sich ausdehnen könne. Alle diese excentrischen Theile (inclusive des Quecksilbers im Röhrchen) wogen nahe $35\,gr$ für jede Masse.

Die Correctionsrechnung wurde nun für 9 verschiedene Stücke durchgeführt, u. zw. für die beiden Schrauben separat, für die anderen Stücke aber so, dass ihre Masse im Schwerpunkt senkrecht über dem Centrum der Masse M concentrirt gedacht wurde. Für jedes dieser Stücke wurde seine Masse μ, die Höhe h über dem Centrum und die horizontale Entfernung e von dem angezogenen Körper m genau bestimmt. Die Attraction in horizontaler Richtung ist dann $= \gamma = \mu m C.\, e : d^3$, wenn d die wirkliche schiefe Entfernung bezeichnet. Wäre dieselbe Masse μ im Centrum, dann würde die Anziehungskraft sein $= \mu m C : e^2$. Das Verhältniss beider Kräfte ist $= e^3 : d^3$, und folglich ergibt sich ein Verlust von centraler Masse

[1] Betreffs des Vorzeichens der Correctionen gilt eine allgemeine Regel. Aus III. *b.* 2. oder III. *c.* 3. folgt $C = \frac{\gamma d^3}{M m R r \sin c}$ (wo d die Distanz der Masse M von m bedeutet, und c den Schiefenwinkel des Armes). Die Gleichungen der Einleitung ergeben aber $C = \frac{G\varphi\rho\varphi^2}{V\,D}$. Folglich ist $D.\gamma = \frac{G\varphi\rho\varphi^2\, M m R r \sin c}{d^3.\, V} =$ Const. Wird also durch irgend eine Störung γ zu gross, so wird D zu klein, und ist in plus zu corrigiren, d. h. die Correction an D hat dasselbe Vorzeichen wie die Änderung am Gravitationseffect (γ), welche durch die betreffende Störung bewirkt wird.

$=[(d^3-e^3):d^3]\times\mu$. So wurde für jeden der excentrischen Theile der Verlust normalwirkender Masse IV. *a* berechnet und alle Verluste zur Summe $=\Sigma$ vereinigt. Das Verhältniss $\Sigma:P$ ($P=$ Gewicht der ganzen Masse) gibt alsdann den Bruchtheil, um welchen die Attraction der Masse kleiner ist, als wenn alles im Centrum concentrirt wäre.

Diese Rechnungen wurden für 7 verschiedene Distanzen (e) durchgeführt und die Resultate graphisch in ein Netz eingetragen, so dass für jede Distanz die entsprechende Correction (oder Verlust an centraler Masse) sofort abgelesen werden konnte.

5. Zugleich hiemit wurde wegen der Ähnlichkeit der Rechnung auch die Correction wegen des starken Doppelhakens (H in Fig. 6, Taf. II) durchgeführt. Das Gewicht eines solchen ist $16\cdot4\,gr$ und ist im Gewicht der Massen nicht mit eingeschlossen.

Als Resultat für beide Correctionen ergab sich nun, dass für die Anziehung der näheren Kugel m bei Deflexionsbeobachtungen ein Verlust an Masse $=4\cdot47\,gr$ stattfindet (trotz des hinzukommenden Hakens), für die fernere Kugel aber (in Folge des Hakens) ein Gewinn $=13\cdot874\,gr$. Nun ist die Totalwirkung beider Massen auf die nahen Kugeln = ca. $5445\,\mu\delta$ (sup. III. *b*. 7 u. 21), somit die Correction wegen der excentrischen Theile $=\frac{-4\cdot47}{9146}.5445=-2\cdot661\,\mu\delta$. — Die Gesammtwirkung auf die fernen Kugeln ist ca. $-156\,\mu\delta$ (vide ibid.), und folglich der Effect der excentrischen Theile $=\frac{13\cdot875}{9146}.-156=-0\cdot237\,\mu\delta$. Die Summe beider ist $=-2\cdot898\,\mu\delta$; und da der gesammte Gravitationseffect = ca. $5380\,\mu\delta$ ist (n. 13, 14), so beträgt dies $1/1854$ oder $0\cdot0005398$ vom Ganzen. Die Correctur ist also $=-5\cdot398\,dm$ oder $-2\cdot984\,t$.

Auch die Attraction der Massen gegen den Arm wird durch die excentrischen Theile ein wenig alterirt. Doch ist dieser Einfluss sehr gering, weil diese Theile im Durchschnitt nahezu ebenso hoch über dem Arm liegen, als das Centrum der Masse unter demselben liegt. Die Theile wirken also beinahe ebenso als ob sie im Centrum wären. Die genauere Rechnung (welche ähnlich wie für die Wirkung der Massen auf den Arm {sup. p. 20[204]{ durchgeführt wurde, aber einfacher ist, indem der Arm nicht in 33, sondern in 7 Theile zerlegt gedacht wurde) ergab sogar noch einen kleinen Gewinn an wirksamer Masse $=+0\cdot4317\,gr$. Für die Wirkung des Hakens ergab sich ein Verlust $=0\cdot2250$, so dass von dem Gewicht $=16\cdot4\,gr$ nur $+12\cdot70\,gr$ normal wirksam blieben. Die Summe ist also $=+13\cdot132\,gr$. Nun ist die Gesammtaction beider Massen auf den Arm $=110\cdot74\,\mu\delta$ (sup. III. *b*. 7 u. 21), folglich die Action der excentrischen Theile $=\frac{13\cdot132}{9146}.110\cdot74=0\cdot1589\,\mu\delta$. Da nun der gesammte Gravitationseffect = ca. $5380\,\mu\delta$ ist, so ist jenes $=1/33854$ oder $0\cdot00002954$ von derselben. Die entsprechende Correction ist also $=+0\cdot2954\,dm$ oder $=+0\cdot1633\,t$.

Die Gesammt-Correction wegen aller excentrischen Theile, i. e. für Kugeln und Arm beträgt sonach $-5\cdot398+0\cdot2954=-5\cdot1026\,dm$ oder $-2\cdot820\,t$.

Diese Correctur kann als constant angesehen werden. Nur das Quecksilber, welches im Röhrchen aufsteigt, bewirkt eine kleine Variabilität in Folge der Temperatur. Dies wird unten (n. 8) noch besonders berücksichtigt.

6. Eine ähnliche aber geringere Correction ist erforderlich wegen der Suspensionsvorrichtung der Massen. Die Drähte sind zwar von verschwindendem Einfluss. Aber $57\cdot5\,cm$ über dem Centrum befindet sich die $26\,gr$ schwere Vorrichtung zum Justiren der Länge des Drahtes, und oben auf der Zinkscheibe ($67\cdot5\,cm$ über den Massen) liegen je 2 Schlitten, an denen die Massen hangen, und welche reichlich $1\,kg$ für jede Masse wiegen. Doch ist der störende Einfluss dieser Theile wegen der grossen Höhe sehr gering, nämlich $0\cdot594\,dm$ für die Schlitten und $0\cdot022\,dm$ für die Justirvorrichtung. Die ganze Correction an D beträgt also $+0\cdot616\,dm$, oder $+0\cdot341\,t$.

7. Die beiden Ebonitstreifen, welche zum Äquilibriren des Armes dienen (cf. sup. II *a*, S. 6[190]), erleiden durch die Massen ebenfalls einen Drehungsmoment, was zu eliminiren ist. Dieselben haben auf $2\cdot4\,cm$ Abstand vom Centrum reducirt eine Masse von je $0\cdot9\,gr$. Sie standen in den Azimuthen: E' von rechts 40° gegen hinten, E'' von rechts 80° gegen hinten. Hieraus ergibt sich ihr Effect

IV. *a.* *a.* bei Deflexion gegen +, Ebonit I $= +0\cdot838\,\mu.\delta$, Ebonit II $= -0\cdot404\,\mu.\delta$, zusammen $+0\cdot432\,\mu.\delta$,
b. » » » —, » I $= +0\cdot608\,\mu.\delta$, » II $= +0\cdot838\,\mu.\delta$, » $+1\cdot446\,\mu.\delta$

im Sinne der Scala. Die doppelte Deflexion wird also vermindert um $b-a = 1\cdot014\,\mu.\delta$, und die einfache Deflexion um $0\cdot507\,\mu.\delta$. Dies ist im Verhältniss zur ganzen Gravitationswirkung $= 1/10600$ oder $0\cdot0000944$. Die erforderliche Correction ist also $= -0\cdot944\,dm = -0\cdot522\,t$.

8. Die Correction von der Temperatur setzt sich aus mehreren Theilen zusammen. Zunächst wird durch Wärme: *a)* die Distanz der zwei Massen ($AB = 2R$) und *b)* die Länge des Armes ($ab = 2r$) vergrössert, und zwar beträgt für $1°C$ $\frac{dR}{R} = 1/34000$ (Zink), $\frac{dr}{r} = 1/58200$ (Kupfer). Nun gibt die Gleichung $\gamma = MmCRr.\sin c : \Delta^3$ (sup. III *b*, 2 u. 4) durch Differentiation unter Berücksichtigung des Werthes $dR : d\Delta$, und Einsetzung der Werthe für R, r; M, m (nach II c.)

$$\frac{d\gamma}{\gamma} = -4\cdot45.\frac{dR}{R}; \text{ also für } 1°C\ \frac{d\gamma}{\gamma} = -0\cdot0001308,$$

$$\frac{d\gamma}{\gamma} = +3\cdot46.\frac{dr}{r}; \quad \text{»} \quad \text{»} \quad 1°C\ \frac{d\gamma}{\gamma} = +0\cdot0000594,$$

woraus sich die 2 Correctionen ergeben:

a) Für die Änderung an R, Correction $= -1\cdot308\,dm$.

b) » » » » r, » $= +0\cdot594\,dm$.

c) Aber auch das Trägheitsmoment J des Armes wird grösser, u. zw. ist für $1°C$ $\frac{dJ}{J} = 1/29100$ (Kupfer). Bei gleichbleibender Schwingungszeit ist also die Torsivkraft des Drahtes um $1/29100$ stärker und somit auch der aus den Beobachtungen folgende Gravitationseffect um $1/29100$ kleiner als der wahre, und D ist folglich in minus zu corrigiren (v. Na. zu n. 1); die Correction ist $= -0\cdot3436\,dm$.

d) Endlich steigt auch das sich ausdehnende Quecksilber höher in dem Röhrchen, u. zw. $1\cdot13\,gr$ pro $1°C$. Dasselbe steht $6\cdot5\,cm$ über dem Centrum, und somit ergibt sich ein Verlust an normalwirksamer Masse, welcher für die nahe Kugel $= 0\cdot384$, und folglich $= 0\cdot4336\,gr$ beträgt. Wenn auch die ferne Kugel berücksichtigt wird, ergibt sich $-0\cdot427\,gr$. Sonach ist die Correction $= -0\cdot427 : 9146 = -0\cdot0000467 = -0\cdot467\,dm$.

Die ganze Correction für Temperatur ist also für $1°C = -1\cdot308 + 0\cdot594 - 0\cdot3436 - 0\cdot467 = -1\cdot5246\,dm$. Die Normaltemperatur ist $= 17°C$ und folglich die

$$\text{Correction} = -1\cdot5246\,dm \times (tc - 17°) = -0\cdot8431\,t \times (tc - 17°),$$

wenn tc die Temperatur im Innern der Glocke während der Beobachtung bedeutet.

9. Die Querexcentricität des Drahtes gegen Z (im Sinne vorne-hinten) war bei den beiden Serien a. 1892 und a. 1894 nahe die gleiche, nämlich um $1\cdot25\,mm$ stand der Centraldraht hinter dem Centrum Z der Zinkscheibe. Die Correction dafür habe ich wegen grösserer Sicherheit durch nochmalige vollständige Durchrechnung für diese bestimmte Excentricität bestimmt (wie bereits oben III. *b*. S. 18 [204] angedeutet wurde). Es ergab sich, dass durch jene Excentricität der Gravitationseffect kleiner wird, u. zw.

um $1/5960$, wenn die links-rechts-Excentricität $= 3\cdot22\,mm$ ist,
» $1/5987$, » » » » » $= 1\cdot69\,mm$ ist.

Die entsprechende Correction ist also für a. 1892 $= -1\cdot678\,dm = -0\cdot9278\,t$; für a. 1894 $= -1\cdot670\,dm = -0\cdot9236\,t$.

10. Reduction der Scala. Die theoretische Deflexion wird als Winkel berechnet; die beobachtete aber an der Scala gemessen, deren Theile nicht nach Winkel gleichmässig verlaufen, sondern nur als Tangenten von Winkeln. Es muss also, um die eine mit der andern zu vergleichen, eine Reduction der Scala auf Winkel geschehen. — Die ganze Scala wurde nun von den Strichen 33, 34, 35 bis 88, 89, 90 im Winkel ausgemessen, und diese 55 Theile umfassen einen Winkel von nahezu $6°20'$. Die Hälfte oder $27\cdot5\,p$ ent-

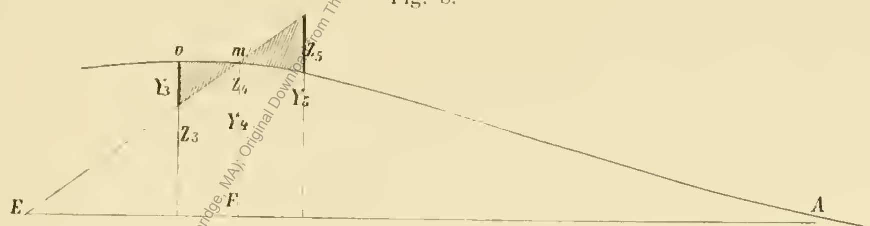
spricht also der tang 3° 10′. Die Deflexion, welche an der Scala gemessen sehr nahe $13 \cdot 3p$ umfasst, hat IV. *a*.
also den eigentlichen Werth $\frac{13 \cdot 3}{27 \cdot 5}$. tang. $3° 10' = \overline{8 \cdot 4274411}$, was als Tangente dem Winkel $1° 31' 57'' 50$ angehört. Statt dessen ergibt die einfache Ablesung der Scala $\frac{13 \cdot 3}{27 \cdot 5} . 3° 10' = 1° 31' 53'' 454$. Der Unterschied beträgt also $4'' 046$, was $1/1362 \cdot 69$ oder $0 \cdot 00073384$ vom Ganzen ist. Um diesen Bruchtheil ist somit die abgelesene Deflexion kleiner als die wahre. Die Correction ist also $= -7 \cdot 3384\, dm = -4 \cdot 07\, t$. Da die Normale vom Objectiv zur Scala wohl nahe auf die Mitte ($60p$) fällt, aber doch wahrscheinlich nicht ganz genau (höchstens $1 \cdot 5p$ Abweichung), und auch bei den einzelnen Beobachtungen die Ruhelage ein wenig von $60p$ abwich (doch selten mehr als $1p$), so wird jener Betrag ein wenig zu gross sein. Deshalb wird es besser sein, anzunehmen

$$\text{Correction} = -7 \cdot 330\, dm = -4 \cdot 054\, t.$$

11. Die Massen verdrängen Luft, und die Attraction der verdrängten Luft gegen die Kugeln fällt also weg. Das muss durch Rechnung compensirt werden. Bei $740\, mm$ Luftdruck, was an dem Ort der Beobachtungen der mittlere Werth ist, wiegt 1 Liter Luft $1 \cdot 185\, gr$; und da das Volum einer Masse sehr nahe $= 0 \cdot 75$ Litter ist, so ist das Gewicht der verdrängten Luft $= 0 \cdot 889\, gr$, d. i. $0 \cdot 0000972$ von einer Masse. Die Correction für diese Fehlerquelle beträgt also $-0 \cdot 972\, dm$ oder $-0 \cdot 538\, t$, d. i. fast $^1/_{10000}$.

12. Die Drehung der Scheibe ist nicht genau richtig. Sie sollte gerade so gross sein, dass in der abgelenkten Stellung der Mittelpunkt der Schwingungen oder die abgelenkte Lage selbst genau mit der Lage des Maximalbetrages des Attractionseffectes der Masse zusammenfällt. Da dies sehr schwer genau zu erreichen ist, so muss für die Abweichung eine Correction angebracht werden. Ist E die Ruhelage des ungestörten Armes als Azimuth in einem Horizontalkreis gedacht, und stellt A das Azimuth der Massen dar, dann werden die Torsionskräfte des abgelenkten Armes gegen E hin dargestellt durch $Z_3\, Z_4\, Z_5 \ldots$, die Ordinaten einer Geraden. Die durch die Attraction bewirkten Drehkräfte gegen A hin sind aber durch die Ordinaten einer Curve $Y_3\; Y_4\; Y_5$ dargestellt mit dem Maximum in v. Im Durchschnittspunkt m ist die neue Ruhelage und die Mitte der kleinen Schwingungen; EF ist die Deflexion und AF der Schiefenwinkel der Masse gegen den Hebel. Ist nun die Drehung der Massen von E bis A zu klein, wie es thatsächlich immer der Fall war, dann fällt v nicht mit m zusammen, sondern etwas mehr gegen E. Dies hat nun zur Folge:

Fig. 8.



a) dass die Schwingungszeit etwas kleiner wird, da dieselbe desto kleiner ist, je grösser der Winkel, unter welchem die Curve und die Gerade in m sich schneiden. Der Unterschied ist proportional der einfachen Distanz vm, welche mit α bezeichnet sein möge. Die Rechnung ergibt den Fehler von $T = \Delta T = -0^s 0270 . \alpha$, wenn α in Bogenminuten ausgedrückt ist, und folglich die Correction des beobachteten $T = \Delta T = +0^s 0270 . \alpha$ in Zeitsecunden.

Der Drehungsfehler und somit der Fehler α war nun

a. 1892		$= 7' 62$	und folglich ist die entsprechende Correction ΔT	$= +0^s 2057$
a. 1894	Stellung I	$= 6 \cdot 95$	» » » » » »	$= +0 \cdot 1877$
1894	» III	$= 6 \cdot 24$	» » » » » »	$= +0 \cdot 1685.$

b) Der Attractionseffect wird etwas geringer als der Maximalwerth ist. Die Abweichung ist proportional zu α^2, und aus der Gleichung, welche oben (III. *b*. 11., 12. und 24.) für die dem Maximum nahen Theile der Curve gegeben wurde, ist sie leicht zu berechnen. Wird $\alpha = 1°$ gesetzt, so geben die Gleichungen ohne weiters $\Delta\gamma = 9 \cdot 36/7015 \cdot 2$ (d. h. $=$ dem Coëfficienten von n^2, dividirt durch die Torsions-

IV. *a.* kraft des Drahtes für 1° Ablenkung) oder 0·001338 der ganzen Kraft γ. Wird also α in Minuten ausgedrückt, so ist allgemein $\Delta\gamma = 0\cdot0000003718 . \alpha^2$ des Ganzen. Für die oben angegebenen drei Drehungsfehler ergibt sich also die an D anzubringende Correction a. 1892 = —0·216 *dm*, a. 1894. I = —0·179 *dm*; 1894. III = —0 145 *dm*.

13. Der Nullpunkt der Theilung der Zinkscheibe ist nicht genau justirt, so dass bei der Einstellung auf 0° der Arm nicht genau parallel ist zur Verbindungslinie AB der Massen. Die Wirkung dieses »Azimuthalfehlers« a ist proportional dem Quadrat desselben, aber für die Deflexionsbeobachtungen fast verschwindend klein. Eine längere Discussion ergibt, dass durch denselben T vergrössert wird um $\Delta T = 0^{s}0000186 . a^2$, wenn a in Bogenminuten ausgedrückt wird, und die Correction an $D = -0\cdot00028 . a^2 . dm$ ist, was vernachlässigt werden könnte. Die Correctionen an D wären a. 1892 = —0·278 *dm*. 1894 bis Sept. = —0·001 *dm*, 1894 nach Aug. = —0·028 *dm*.

Indess hat der Azimuthfehler eine andere Wirkung; er bewirkt, dass die Schwingungszeit $T^{:}$ der mittleren Beobachtung B abweicht von dem Mittel $^1/_2(T^{\cdot} + T^{\vdots})$ aus den Schwingungszeiten der Beobachtungen A und C. Dies hat indess keinen Nachtheil zur Folge, da das schliessliche Mittel = $^1/_4(T^{\cdot} + 2T^{:} + T^{\vdots})$ dadurch nicht alterirt wird. Ich entwickelte eine einlässige Theorie dieser Umstände, und benützte dann den beobachteten Unterschied $^1/_2(T^{\cdot} + T^{\vdots}) - T^{:}$, um den Azimuthalfehler a durch Rechnung zu bestimmen, wodurch eine weit grössere Genauigkeit erzielt wurde, als die directe Messung bieten konnte.

Sehr auffallend war mir, dass der Azimuthalfehler, besonders a. 1892, sehr gross war (v. inf. IV. *b.* 10), nachdem ich doch vorher richtig eingestellt zu haben glaubte. Ich finde dafür nur die bereits angedeutete (II. *b.* 7. fin.) Erklärung, dass ich nach der richtigen Einstellung die Muttern der Fussschrauben zu stark anzog, und dass dadurch eine schiefe Klemmung entstand, welche die Einstellung wieder fehlerhaft machte.

14. Die kleinen Schwingungen in den abgelenkten Stellungen sind asymmetrisch, und dadurch wird die Berechnung der Mittellage fehlerhaft. Die beiden Hälften der Schwingungen werden nämlich mit etwas ungleichen Directionskräften ausgeführt. Dies erhellt schon aus der obigen Figur (n. 12.), indem die Directionskraft rechts durch $Z_5 - Y_5$, links durch $Y_3 - Z_3$, d. h. durch die stärker gezeichneten Stücke der Ordinaten dargestellt wird, und ersteres augenscheinlich grösser ist als das letztere. Dasselbe ergibt sich aus der Formel für die ablenkende Kraft (III. *b.* 11., 12., 24.). Diese ermöglicht auch eine Berechnung. Der Unterschied ist nämlich für eine Elongation = 1° gleich dem Coëfficienten von u^2, also = 9·36 $\mu\delta$ (im Mittel) auf 7015·2 (weil 7015·2 $\mu\delta$ die Directionskraft des Drahtes für 1° ist). Da die Elongationen E durchgehends = 11 bis 12 p waren, und der Unterschied proportional zu E^2 ist, so ergibt sich für die Deflexionsbeobachtungen der Unterschied = 4·39 $\mu\delta$, während die Directionskraft des Drahtes für dasselbe $E = 4795\ \mu\delta$ ist. Also ist der Unterschied = $^1/_{1090}$ des Ganzen. Gegen die Mitte der Schwingung ist das Verhältniss kleiner; im Mittel können wir mit genügender Annäherung $^1/_{1200}$ setzen. Daraus folgt nun, dass die halbe Schwingung, welche gegen die grössere Ablenkung gerichtet ist, um $^1/_{1200}$ kürzer ist als die andere, somit um $0^{s}538$. Da nun bei der Elongation = 12 p ein Scalentheil in $17^{s}1$ durchlaufen wird, so gibt $^1/_4 . 0\cdot538 : 17\cdot1 = 0\cdot1445 : 17\cdot1 = 0\cdot00845\,p$ den Betrag des Fehlers, um welchen die Deflexion zu klein gefunden wird. Da die ganze Deflexion nahe = 13·3 p ist, so folgt der Betrag der Correction an $D = 0\cdot00845 : 13\cdot3 = -0\cdot000635$ oder = —6·35 *dm* = —3·51 *t*, d. i. ca. $^1/_{1600}$ vom Ganzen.

Ich controlirte diese Rechnung experimentell durch zwei Sätze von eigens ad hoc angestellten Beobachtungen, bei denen mit grossen und kleinen Amplituden abgewechselt wurde. Diese Versuche ergaben 0·0088 p, was innerhalb der Beobachtungsfehler mit obigem Werth 0·00845 übereinstimmt.[1]

[1] Diese Correction könnte ganz scharf berechnet werden. indem man die Aufgabe löst: »Um wie viel muss bei einer Amplitude = $Y_5 - Y_3$ (Figur zu n. 12) der Punkt m aus der Mitte gegen rechts verschoben werden, damit die zwei schraffirten Flächen links und rechts gleich werden.« Die Auflösung wäre nicht schwer, aber die obige Bestimmung ist hinreichend genau. und eine ganz genaue Berechnung zwecklos, weil man für eine solche auch die Amplitude ganz genau bestimmen, und folglich den Calcul für jede einzelne Deflexionsbeobachtung dreimal anstellen müsste, was sicher die Mühe nicht lohnte.

15. Die an den Resultaten der Deflexionsbeobachtungen anzubringenden Correctionen sind also in IV. *a.*
Summa:

	a. 1892	1894 *a.*	1894 *b.*
α. an T: n. 2. von der Dämpfung, ΔT . .	$-0^{s}588$	$-0\cdot485$	$-0\cdot440$
3. » » Reduction, »	$-0\cdot083$	$-0\cdot043$	$-0\cdot043$
12. » dem Drehungsfehler . . .	$+0\cdot205^{7}$	Stell. I $+0\cdot187^{7}$	Stell. III $+0\cdot168^{5}$.

Summa der Zeitcorrectionen 1892 $= -0^{s}465^{3}$.
1894 vor August: Stellung I $= -0\cdot340^{3}$, Stellung III $= -0^{s}359^{5}$
1894 nach Juli: » $-0\cdot295^{3}$, » $= -0\cdot314^{5}$.

β. an D: n. 1. von der elastischen Nachwirkung . . . . . $+25\cdot128\,dm$
4., 5. von der Gestalt der Massen . . . . $+5\cdot1026\,dm$
6. von der Suspensionsvorrichtung . . . . $+0\cdot616$
7. » den Ebonitplatten . . . . $-0\cdot944$
9. » der Querexcentricität . . . . a. 1892 $= -1\cdot678$; a. 1894 $= -1\cdot670$
10. Reduction der Scala auf Winkel . . . . . $-7\cdot330$
11. von der verdrängten Luft . . . . $-0\;972$
12. » dem Fehler der Drehung . . . . . . a. 1892 $-0\cdot216$
1894 I $-0\cdot179$
1894 III $-0\cdot145$
13. » » Azimuthalfehler 1892 $= -0\;278\,dm$; 1894 vor Sept $-0\cdot001$; 1894 nach Aug. $-0\cdot028$.
14. » der Asymmetrie der Schwingungen . . . . $-6\cdot35$.

Summa der constanten Correctionen an D:
a. 1892 $= +2\cdot870^{4}\,dm = +1\cdot587\,t$
1894 I vor Sept. $+3\cdot192$ » $+1\cdot725\,t$; nach Aug. $= +3\cdot165\,dm = +1\cdot750\,t$ $\Big\} = \Sigma$
1894 III » » $+3\cdot226$ » $+1\cdot784\,t$; » » $+3\cdot199$ » $+1\cdot769\,t$.
γ. Temperaturcorrection (n. 8.) $= -1\cdot5246\,.(te - 17^{\circ})\,.\,dm = -0\cdot8436\,t\,.(te - 17^{\circ})$.

b) Correctionen für die Oscillationsmethode.

Die wichtigsten Fehlerquellen für diese Methode sind diejenigen, welche direct die Schwingungszeit T alteriren. Doch von diesen bedürfen nicht alle einer Correction, denn die Zeit T dient dazu, um die Torsivkraft des Drahtes zu bestimmen. Wenn also die Zeit T nur in Folge einer Änderung jener Torsivkraft alterirt wird, so dass der Schluss von T auf diese Kraft richtig bleibt, dann bedarf es keiner Correction. Ein solcher Einfluss ist z. B. die Wirkung der Temperatur auf den Torsionsmodul des Drahtes. Nur wenn T in anderer Weise geändert wird, dann muss diese Störung eliminirt werden, um die Directionskraft richtig zu bestimmen. Solche Störungen sind: IV. *b.*

1. Die Dämpfung, welche entsteht α. durch den Widerstand der Luft, welcher hiebei als proportional der einfachen Geschwindigkeit angenommen wird, und β. durch die elastische Nachwirkung im Draht. Die Correction wird berechnet aus dem »Decrement«, d. h. dem Verhältniss von zwei unmittelbar auf einander folgenden Maximalelongationen. Die bekannten Formeln geben

a. 1892 für Decrement $= 1\cdot0705 \pm 0\cdot001$, Dämpfung $= -0^{s}296$, Luftdruck 15—17^{mm}
1894*a.* » » $1\cdot0543$ » » $-0\cdot176$ » $5\cdot5^{mm}$
1894*b.* » » $1\cdot0465$ » » $-0\cdot124$ » ca. 3^{mm},

wobei ein mittleres $T = 1275^{s}$ angenommen wurde.

Allein diese Werthe sind zu klein, was sich daraus erklärt, dass die Formeln nur für die Dämpfung α passend sind. Die elastische Nachwirkung β dagegen verläuft nach ganz anderen Gesetzen als der Widerstand der Luft. Dieselbe kann also auch wohl eine stärkere Dämpfung bewirken, bei verhältnissmässig kleinerem Decrement. Eine genaue Berechnung hiefür ist nun nicht möglich, weil eine hinreichend voll-

IV *b.* kommene Theorie der elastischen Nachwirkung nicht existirt. Ich habe deshalb vorläufig die Wirkung derselben durch eine annähernd gleiche, aber in anderer einfacherer Weise verlaufende ersetzt gedacht, und erhielt so für das β allein den Werth -0^s30 bis -0^s40, indem ich mich dabei auf die Zahlen stützte, welche die experimentelle Untersuchung über die elastische Nachwirkung (sup. IV. *a.* 1.) mir bot. Wir nehmen also an -0^s35. [1]

Dazu kommt nun noch der Effect des Luftwiderstandes α. Wir können wohl annehmen, dass das Decrement zum grösseren Theil — wohl zu drei Viertheilen — durch diesen Widerstand bewirkt wird, denn sonst wäre der ganz bedeutende Unterschied der Decremente bei verschiedenem Luftdruck unerklärbar. Wir werden also zu dem 0^s35 noch $^3/_4$ der oben zuerst angeführten Beträge addiren müssen. Dadurch erhalten wir für die ganze Dämpfung $(\alpha+\beta)$

a. 1892 $\Delta T = -0^s574$, und entsprechend die Correction an $D = -8\cdot39$ *dm*
» 1894 *a.* » $= -0\cdot485$ » » » » » $= -7\cdot645$ »
» 1894 *b.* » $= -0\cdot440$ » » » » » $= -6\cdot93$ »,

welche für Schwingungen im Allgemeinen gelten, ohne Rücksicht auf Amplitude.

Betreffs der Oscillationsbeobachtungen wird aber die Sache noch etwas verwickelter dadurch, dass die Dämpfung bei dem grösseren T_{II} auch procentualisch grösser ist als bei T_I. Dies liegt offenbar in der Natur der elastischen Nachwirkung, und es zeigt sich auch an den Beobachtungen, indem bei T_{II} das Decrement grösser ist als bei T_I. Eine Discussion sämmtlicher Decremente ergab im Mittel *a.* 1892 das Decrement für $T_{II} = 1\cdot07185$, für $T_I = 1\cdot0693$. Der Unterschied ist $= 0\cdot00255$, und dieser entspricht einer Zunahme der Dämpfung bei T_{II} um 0^s0246. Da $T_{II}-T$ offenbar um denselben Betrag grösser wird, so wird hiefür im Resultat D eine Correction nothwendig $= 246 : 460000 = 0\cdot000533 = +5\cdot35$ *dm*.

a. 1894 *a.* ist jener Unterschied $= 0\cdot0024$, und die Correction ist $+3\cdot70$ *dm*,
» 1894 *b.* » » » $= 0\cdot0010$ » » » » $+1\cdot94$ ».

Es finden also zwei Effecte der Dämpfung bei den Oscillationsbeobachtungen statt, welche sich zum grossen Theil aufheben. Die Correction für den ganzen Effect ist

a. 1892 Corr. $= -8\cdot39 + 5\cdot35 = -3\cdot04$ *dm*
» 1894 *a* » $= -7\cdot645 + 3\cdot70 = -3\cdot945$ » bis Ende Juli
» 1894 *b.* » $= -6\cdot92 + 1\cdot94 = -4\cdot99$ » nach Anfang August.

2. Die »Reduction auf unendlich kleine Bogen«. Dieselbe wurde zum Theil bereits theoretisch abgeleitet (sup. III. *c.* 45) und effectiv $= 0\cdot12491 . E^2$ gefunden. Allein der ganze Betrag ist erheblich grösser. Denn 1. die in der Nähe befindlichen Massen, namentlich die Mauern, bewirken ebenfalls, dass T bei grösseren Amplituden grösser wird, und 2. ist unverkennbar, dass auch der Widerstand der Luft solchen Einfluss ausübt, weil sonst für *a.* 1892 und *a.* 1894 gleiche Werthe sich ergeben müssten, was nicht der Fall ist. Es scheint sonach, dass der Luftwiderstand nicht nur die oben (n. 1. α.) erwähnte Dämpfung bewirkt, welche unabhängig von der Amplitude ist, sondern auch noch eine Verlangsamung, welche für grössere Amplituden stärker ist. (Vielleicht kommt das daher, dass das Gesetz des Luftwiderstandes aus einigen Gliedern zusammengesetzt ist, deren erstes der 1sten Potenz der Geschwindigkeit proportional ist, das zweite aber dem Quadrat derselben.) Leider ist nun dieser störende Einfluss nicht so genau bestimmbar, wie wünschenswerth wäre. Nur das eine wurde bereits mit Genauigkeit festgestellt (cf. III. *c.* 45), dass bei den Schwingungen mit den Massen in der »0°-Stellung« (d. h. bei T_I) der Reductionsfactor um $0\cdot124014$ grösser sein muss, als bei T_{II}, wenn die Massen in der »90°-Stellung« stehen.

Um nun die Reduction einigermassen genau zu bestimmen, verfuhr ich empirisch auf verschiedene Weise. Zuerst wurde sie aus mehreren eigens hiefür angestellten Beobachtungen abgeleitet, welche mit grossen Amplituden begannen ($E > 50\,p$ oder fast 3°), und bis zu kleinen nach 3 bis 4 Stunden verliefen. (NB. Diese Methode wäre die einfachste und sicherste, wenn sie nicht durch die im Folgenden (n. 3.)

[1] Für eine genauere Bestimmung habe ich einen Plan entworfen. Aber die sehr mühsame Ausführung war mir bis jetzt noch nicht möglich.

zu erwähnende »Lockerung« gestört würde. Diese wirkt nämlich der Reduction direct und sehr stark entgegen, und ferner wird auch die Bestimmung von T viel unsicherer, wenn die Amplituden unter $10\,p$ herabsinken.) Eine zweite Bestimmung gewann ich aus einer Discussion aller ausgeführten Schwingungen, indem ich die Störung durch die »Lockerung« in rationeller Weise thunlichst zu eliminiren trachtete. Die dritte Bestimmung leitete ich aus den Resultaten selbst a posteriori ab, indem ich dieselben unter Annahme von 5—6 verschiedenen Paaren von Reductionsfactoren berechnete und diejenigen Factoren als die richtigeren betrachtete, für welche die Resultate weniger auseinander gingen und in engeren Grenzen beisammen blieben. Aus diesen drei Bestimmungen, welche genügend unter sich stimmten, leitete ich dann die für die Berechnung dienenden Reductionsfactoren ab. Diese sind IV. *b.*

a. 1892 $K = 0\cdot35054$ für $T_{/}$, und $0\cdot22563$ für $T_{//}$,
» 1894 $K = 0\cdot28120$ » » » $0\cdot15629$ » », und Corr. $= K.E^2\ T$,

woraus die praktisch bequemeren Formeln folgen:

a. 1892 für $T_{/}$ Corr. $= 0^{s}04389\,.E^2$, für $T_{//} = 0^{s}02929\,.E^2$, bei Luftdruck $= 1\cdot7\,cm$,
» 1894 » » » $= 0\cdot03521\,.E^2$, » » $= 0\cdot02029\,.E^2$, » » $= 0\cdot4\,cm$,

in welchen beiden letzteren Formeln E die Maximal-Elongation in P (à $10\,p$) bedeutet.

Sehr bequem und genau werden diese Correctionen in praxi mittelst des Rechenschiebers bestimmt.

3. Ausser diesen längst bekannten Fehlerquellen zeigten die Beobachtungen noch einen nicht vorgesehenen Umstand, dass nämlich die Schwingungszeit T zunahm, je länger sie währten. Nennen wir die den drei Beobachtungen A, B, C entsprechenden Schwingungszeiten $T^{\cdot}$, $T^{:}$, $T^{\vdots}$, so war mit einer einzigen schwachen Ausnahme $T^{\vdots} > T^{\cdot}$, und durch geeignete Combination der Beobachtungen ergab sich auch $T^{:} > T^{\cdot}$ und $T^{\vdots} > T^{:}$. Nur bei sehr lange anhaltenden Versuchen, wenn die Elongationen sehr klein wurden ($8\,p$ bis $5\,p$), zeigte sich keine weitere Verlangsamung mehr, vielmehr eine Beschleunigung. Es ist dies wohl nur daraus zu erklären, dass durch stärkere Schwingungen im Draht eine gewisse Lockerung des molekularen Gefüges eintritt, deren Betrag zu Anfang am stärksten zunimmt, allmählich aber nicht nur nachlässt, sondern auch zum Theil wieder sanirt wird, noch bevor gänzliche Ruhe eingetreten ist.

Die Correction nun, welche wegen dieser Erscheinung — die wir Kürze halber als »Lockerung« bezeichnen wollen — nothwendig wird, ist nicht gleich dem ganzen Betrag derselben, da ja die Verlangsamung auf einer Schwächung der Torsivkraft selbst beruht (cf. sup. IV. *b.* Einleitung.). Eine Correction ist aber nothwendig wegen des ungleichen Verlaufes derselben. Denn da die Störung zu Anfang am stärksten anwächst und nachher weniger zunimmt, so folgt, dass die aus $T^{\vdots}$ und $T^{\cdot}$ abgeleitete, auf die Zeit der mittleren Beobachtung reducirte Schwingungszeit, nämlich $^1/_2\,(T^{\cdot} + T^{\vdots})$ zu klein ausfällt.

So fand ich aus der Discussion von 17 Beobachtungssätzen des Jahres 1892, dass im Mittel $T^{:} - T^{\cdot} = 0^{s}635$, $T^{\vdots} - T^{:} = 0^{s}465$ war, woraus folgt, dass das Mittel $^1/_2\,(T^{\cdot} + T^{\vdots})$ um $0^{s}085$ kleiner war als $T^{:}$ oder um $7\cdot34$ Procent der Differenz $(T^{\vdots} - T^{\cdot})$. Für das Jahr 1894 ergaben 12 Beobachtungssätze $T^{:} - T^{\cdot} = 0^{s}220$, $T^{\vdots} - T^{:} = 0^{s}1765$, woraus folgt, dass $^1/_2\,(T^{\cdot} + T^{\vdots})$ um $0^{s}02175$ kleiner war als $T^{:}$ oder um $5\cdot49$ Procent der Differenz $(T^{\vdots} - T^{\cdot})$. [1]

Um diesen Betrag muss also das Mittel $^1/_2\,(T^{\cdot} + T^{\vdots})$ vorher vergrössert oder $T^{:}$ verkleinert werden, bevor beide mit einander verglichen werden. In dieser einfachen Weise kann in den meisten Fällen die erforderliche Correction angebracht werden.

Bei manchen Beobachtungen weichen aber die Zwischenzeiten erheblich ab von den gewöhnlich statthabenden 65 Minuten, indem manche Beobachtungen nur fünf Durchgänge, andere aber sieben bis neun umfassen. Um also für alle Fälle die Correction finden zu können, construirte ich aus den drei Normalwerthen für A, B, C durch Rechnung die als Exponentialcurve gedachte »Lockerungscurve«, eine für 1892 und eine für 1894. In diesen Zeichnungen waren nur die Abscissen ein wenig zu ändern, entspre-

[1] Hieraus scheint zu folgen, dass nach längerer Zeit, wahrscheinlich in Folge des vielmaligen Gebrauches, das molekulare Gefüge doch allmälig einem mehr permanenten Zustand sich nähert.

IV. *b.* chend den geänderten Zwischenzeiten, und die Werthe für die Lockerung in *A*, *B*, *C* ergaben sich sehr leicht, und somit auch die als »Lockerung« bezeichnete Hauptcorrection. Die Zeichnung und ihre Verwendung wurden mit grosser Sorgfalt ausgeführt, weil die Genauigkeit des Resultates ziemlich stark von dieser Correction abhängt.

Bei diesen drei Correctionen 1., 2. und 3. ist eine sehr genaue Bestimmung kaum möglich. Gerade dies ist die Ursache, weshalb Beobachtungen mit unvollkommen elastischem Suspensionsdraht ein Resultat von sehr hoher Genauigkeit nicht ergeben können. Eine vollständige Elimminirung dieser Fehlerquellen würde nur durch Verwendung von Quarzfäden in der Drehwage erzielt werden können. Indess ist auch so die störende Wirkung nicht so gross, wie es leicht scheinen könnte, denn so ist bei den Oscillationsbeobachtungen das Resultat bei weitem am meisten abhängig von der Differenz der Schwingungszeiten $T_{II} - T_{I}$; jene Störungen aber, so weit sie eben nicht genau bestimmt werden können, treten bei allen Schwingungen in fast identischer Weise auf, und folglich fällt ihre Wirkung aus der Differenz von selbst heraus. Nur die Wirkung auf T_0, welches den von Attraction freien Schwingungen entsprechen soll, bleibt von Einfluss auf das Resultat. Doch ist auch dieser Einfluss nicht bedeutend. Aus einer sorgfältigen Untersuchung gewann ich die Überzeugung, dass jene drei Fehlerquellen, in ungünstigster Weise zusammenwirkend, doch in T_0 höchstens einen Fehler von 0^s35 bewirken könnten. Dies würde im Resultat einen Fehler $= 3 \cdot 0\, t$ verursachen, was noch weit unter 1 »pro mille« ist. Sehr wahrscheinlich ist aber thatsächlich der zu befürchtende Fehler noch geringer als $1/_3$ von diesem, also kleiner als $\pm 1\, t$.

4. Die Correction wegen der excentrischen Theile der Massen und

5. wegen des Doppelhakens wurde wie oben (IV. *a.* 4. u. 5) berechnet. Es fand sich bei den verschiedenen Stellungen der Verlust (—), oder Gewinn (+) an centralwirkender Masse wie folgt: Bei der Action von einer Masse in der »0°-Stellung« *a)* auf die nahe Kugel —11·09 *gr*; *b)* auf die ferne +13·0 *gr*; *c)* in der »90°-Stellung« auf beide +5·9 *gr*. In Bruchtheilen der Masse (9146 *gr*) ist das *a)* = —0·00124, *b)* = +0·001426, *c)* = +0·000646. Da nun der ganze Effect beider Massen in diesen drei Stellungen *a)* = 26900 μδ, *b)* = 462 μδ, *c)* = 3114 μδ ist, so folgt, dass der Effect der excentrischen Theile (incl. Haken) *a)* = 32·620 μδ, *b)* = 0·6575 δμ, *c)* = 2·015 μδ ist. Ebenso ergab sich für die Action einer Schale in der »0°-Stellung« *d)* auf die nahe Kugel —7·69 *gr*, *e)* auf die ferne —0·250 *gr*, *f)* in der »90°-Stellung« auf beide = —1·013 *gr*. In Bruchtheilen des Gewichtes einer Schale (139·5 *gr*) ist das nun *d)* = 0·0553, *e)* = 0·00179, *f)* = 0·00726. Da nun der ganze Effect beider Schalen in diesen Stellungen *d)* = 403 μδ, *e)* = 7 μδ, *f)* = 46·87 μδ ist, so folgt der Effect der excentrischen Theile *d)* = 22·25 μδ, *e)* = 0·0126 μδ, *f)* = 0·3415 μδ.

Von diesen sechs Theileffecten sind für die Gravitationswirkung diejenigen als positiv zu nehmen, welche einem Gewinn an Masse (+) entsprechen und dabei die Hauptaction der Massen verstärken, anderenfalls gelten sie als negativ. Hiemit ergibt sich als Summe aller Actionen —32·620—0·6575 +2·015+22·25—0·0126+0·3415 = —8·6836 μδ. Nun ist der gesammte Gravitationseffect im Mittel = ca. 29750 μδ (III. *c.* 29 u. 37), und da dieser um 8·6836 μδ durch die excentrischen Theile verringert wird, so folgt, dass die entsprechende Correction an $D = -0 \cdot 0002919$ ist, oder $= -2 \cdot 919\, dm$.

6. Die Correction wegen der Suspensionsvorrichtung (cf. IV. *a.* 6. S. 33[217]) geschah durch directe Berechnung der störenden Masse = ca. 1050 *gr* in 67·5 *cm* Höhe und 20·87 *cm* Abstand vom Centrum, sowohl in der »0°-Stellung« als in der »90°-Stellung«. Es ergab sich für die beiderseitigen Effecte zusammengenommen die Correction = +1·0639 *dm*.

7. Die Ebonitplatten (cf. sup. IV. *a.* 7) alteriren die Directionskraft des Armes, und zwar in der

				»0°-Stellung«	»90°-Stellung«
M_A	auf Ebonit	I	wirkend	um +2·1457 μδ	um +1·6435 μδ
M_B	»	I	»	» —2·0618	» —1·8131
M_A	»	II	»	» —0·1093	» +3·4913
M_B	»	II	»	» —1·0286	» —2·2680
				Summa . —1·0550	+1·0537 μδ.

Beide Einflüsse verringern den Gravitationseffect $T_{II}-T_{I}$ und summiren sich also. Da nun der IV. *b.*
gesammte Attractionseffect im Mittel $=29780\,\mu\delta$ ist (III. *c.* 29. u. 37.), so sind jene zusammen $0\cdot00007085$ des Ganzen, und folglich die Correction $=-0\cdot7085\,dm$.

8. Die Correction von der Temperatur besteht aus mehreren Theilen (cf. IV. *a.* 8.):

a) Für die Änderung von R ergibt sich α. in der »0°-Stellung« aus der Formel $\gamma=\frac{MmCRr}{(R-r)^3}.x$ (III. *c.* 5.) durch Differenziren und Einsetzen der Werthe für R und r (aus II. *c.*) $\frac{d\gamma}{\gamma}=-6\cdot311\,.\,\frac{dR}{R}$, folglich für 1° C. $\frac{d\gamma}{\gamma}=\frac{6\cdot311}{34000}$; da nun im Mittel $\gamma=26920\,\mu\delta$, so ist $d\gamma=-5\cdot00\,\mu\delta$. — β. In der »90°-Stellung« gibt die Formel $\gamma=\frac{6MmCR^2r^2}{(R^2+r^2)^{5/2}}.x$ (III. *c.* 20.) in gleicher Weise $\frac{d\Gamma}{\Gamma}=-1\cdot707\,.\,\frac{dR}{R}$, folglich für 1° C. $=\frac{1\cdot707}{34000}$; und da im Mittel die ganze Action $=2863\,\mu\delta$ ist (III. *c.* 28.), so folgt $d\Gamma=0\cdot1437\,\mu\delta$. Beide Effecte wirken in gleichem Sinn und vermindern den ganzen Gravitationseffect, welcher im Mittel $=29780\,\mu\delta$ ist, und folglich ist die Correction $=-\frac{5\cdot1437}{29780}=-0\cdot0001727=-1\cdot727\,dm$.

b) Für die Änderung von r ergeben dieselben Formeln: α. $\frac{d\gamma}{\gamma}=+5\cdot311\,.\,\frac{dr}{r}$, für 1° C. $=\frac{5\cdot311}{58200}$, folglich $d\gamma=\frac{26920\,.\,5\cdot311}{58200}=+2\cdot4565\,\mu\delta$. — β. $\frac{d\Gamma}{\Gamma}=+0\cdot707\,.\,\frac{dr}{r}$, für 1° C. $=\frac{0\cdot707}{58200}$, folglich $d\gamma=\frac{0\cdot707}{58200}\,.\,2863=+0\cdot03478\,\mu\delta$. Beide Effecte verstärken den Gravitationseffect $=29780$ um $2\cdot49128$, d. h. um $0\cdot000083648$ des Ganzen. Also ist die entsprechende Correction $=+0\cdot8365\,dm$.

c) Das Trägheitsmoment nimmt für 1° C. um $^1/_{29100}$ zu, und folglich werden alle T um $^1/_{58200}$ zu gross. Somit ergibt sich an D eine Correction wegen $T_{II}-T_{I}$, welche $=+^1/_{58200}$ ist, und eine wegen T_0, welche $-^1/_{29100}$ beträgt. Die ganze Correction ist also $=-^1/_{58200}=0\cdot0000172=-0\cdot172\,dm$.

d) Endlich steigt das Quecksilber in den Röhrchen der Massen $1\cdot13\,gr$ für 1° C. Dies bewirkt α. in der »0°-Stellung« einen Verlust an central wirkender Masse $=0\cdot500\,.\,1\cdot13=0\cdot565\,gr$, was $=^1/_{16200}\,.\,M$ ist. Der Gravitationseffect $26940\,\mu\delta$ wird also um $^1/_{16200}$ schwächer, d. h. um $1\cdot660\,\mu\delta$. Der Einfluss auf die ferne Kugel ist vernachlässigbar, umso mehr als er schon durch den Einfluss auf den Arm fast aufgehoben wird. — β. In der »90°-Stellung« ist der Verlust $=0\cdot097\,.\,1\cdot13=0\cdot1096\,gr=^1/_{83500}\,.\,M$. Der Gravitationseffect ($2863\,\mu\delta$) wird also vermindert um $^1/_{83500}$, d. h. um $\frac{2863}{83500}=0\cdot03429\,\mu\delta$. Somit wird der gesammte Gravitationseffect $=29783\,\mu\delta$ vermindert um $1\cdot6943\,\mu\delta$, was $=0\cdot000056907$ davon ist. Die Correction d ist also $=-0\cdot5691\,dm$.

Die Totalcorrection für Temperatur ist also $=-1\cdot727+0\cdot8365-0\cdot172-0\cdot5691=-1\cdot6316\,dm$ und allgemein $=-1\cdot6316\,dm\times(te-17°)$ oder $-0\cdot9032\,t\times(te-17°)$.

9. Die Correction wegen der durch die Massen verdrängten Luft ist ganz die gleiche wie oben (IV. *a.* 11.), nämlich $=-0\cdot972\,dm$, oder $=-0\cdot538\,t$.

10. Die Correction vom Azimuthalfehler ist für die Oscillationsmethode weit stärker als für die Deflexionsmethode (sup. IV. *a.* 13.). Ihr Betrag kann analytisch bestimmt werden aus der Formel für die Directionskraft in der 0°-Stellung (sup. III. *c.* n. 40.)

$$\Gamma=428737\,\mu\delta\,.\,x\,.\,(1-0\cdot34190\,.\,x^2+1\cdot541\,.\,x^4-\ldots),$$

aus welcher folgt

$$\frac{\Delta\Gamma}{\Delta x}=428737\,.\,(1-1\cdot02261\,.\,x^2+7\cdot705\,.\,x^4-\ldots).$$

$\frac{\Delta\Gamma}{\Delta x}$ ist aber die Directionskraft selbst. Die Abnahme derselben ist also proportional dem Quadrat der Schiefe x, und beträgt für $x=0\cdot01$ $(=34\cdot3775')=43\cdot8431-0\cdot03314=43\cdot810\,\mu\delta$. Für einen Azimu-

IV. *b.* thalfehler $a = 10'$ ergibt sich also die Abnahme $= 3{\cdot}7098\,\mu\delta$, was $0{\cdot}0000086529$ des Ganzen ist. Folglich wird $T_{\prime}$ grösser um $\Delta T_{\prime} = 0{\cdot}0000043264\ T_{\prime}$, d. h. um $0^{s}{\cdot}0054166$.

Dies erheischt im Princip zwei Correctionen:

a) T_0 wird (wie aus III. *c.* 34 folgt) grösser um $^1/_{10}\,\Delta T_{\prime}$, d. h. um $0^{s}{\cdot}000542$. Der Gravitationseffect erscheint also zu klein um $0{\cdot}000542 : {}^1/_2\ T_0 = 0{\cdot}000000836$ des Ganzen, und die entsprechende Correction wäre an $D = -0{\cdot}00836\,dm$, was vernachlässigt werden könnte.

b) $T_{\prime\prime} - T_{\prime}$, d. h. der Gravitationseffect wird kleiner um den vollen Betrag $\Delta T_{\prime} = 0^{s}{\cdot}0054166$, somit um $0{\cdot}0001177$ des Ganzen. Die Correction hiefür ist $= -1{\cdot}177\,dm$. Beide Correctionen zusammen betragen $-1{\cdot}18536\,dm$ für $a = 10'$. Allgemein für ein beliebiges a (in Bogenminuten ausgedrückt) ist also die Correction $= -0{\cdot}011854 . a^2 . dm$. Hieraus ergeben sich für

a. 1892.	Azimuthfehler a	$= +31{\cdot}5$,	also Corr. $= -11{\cdot}762\,dm$
» 1894 α.	(vor September) a	$= +\ 2{\cdot}0$	» » $= -\ 0{\cdot}474$ »
» 1894 β.	(nach 1. September)	$= +10{\cdot}0$	» » $= -1{\cdot}1854$ »

11. Die Correction von der Querexcentricität kann einfach auf Azimuthfehler zurückgeführt werden. Diese Excentricität betrug $1{\cdot}25\,mm$ (a. 1892 wurde sie = ca. $1{\cdot}3\,mm$ gefunden, $1894 = 1{\cdot}22\,mm$, jedesmal der Centraldraht hinter dem Centrum Z). Daraus ergibt sich die Schiefe des Armes gegen die Massen $= 1{\cdot}25 . 3437{\cdot}75 : 208$ (weil $208\,mm = R = {}^1/_2\,AB$ ist) $= 20'7$. Somit ist nach der Formel in n. 10 die entsprechende Correction $= -5{\cdot}0796\,dm = -2{\cdot}810\,t$.

12. Die an den Resultaten der Oscillationsbeobachtungen anzubringenden Correctionen sind also in Summa folgende:

α. an $T_{\prime}$ und $T_{\prime\prime}$ die Reduction n. 2. zu subtrahiren;

β. von T^2 die »Lockerung« n. 3. zu subtrahiren.

γ. Constante Correctionen an D:

		a. 1892	1894 *a.*	1894 *b.*
n. 1.	die »Dämpfung«, und zwar . .	$-3{\cdot}04\,dm$	$-3{\cdot}945$	$-4{\cdot}99$ (nach 1. Aug.)
» 4. u. 5.	von der Gestalt der Massen .		$-2{\cdot}919$	
» 6.	von der Suspensionsvorrichtung .		$+1{\cdot}064$	
7.	von den Ebonitplatten		$-0{\cdot}7085$	
9.	von der verdrängten Luft		$-0{\cdot}972$	
10.	vom Azimuthalfehler	$-11{\cdot}762$	$-0{\cdot}474$	$-1{\cdot}1854$ (nach 1. Sept.)
11.	von der Querexcentricität		$-5{\cdot}0796$	

Summe der constanten Corr. . a. 1892 $= -23{\cdot}417\,dm = -12{\cdot}950\,t$.

a. 1894 vor Aug. $= -13{\cdot}034\,dm$; im Aug. $= -14{\cdot}079\,dm$; nach Aug. $= -14{\cdot}791\,dm$,
$= -\ 7{\cdot}207\,t$ $= -\ 7{\cdot}786\,t$ $= -\ 8{\cdot}179\,t$.

δ. Temperaturcorrection an $D = -1{\cdot}6316 . (te - 17^\circ) . dm = -0{\cdot}9032 . (te - 17^\circ) . t$.

c) Andere Umstände.

Ausser den erwähnten eigentlichen Fehlerquellen gibt es noch einige andere Umstände, von denen man nicht von vornherein annehmen darf, dass sie ohne schädlichen Einfluss auf das Resultat seien. Zwar stören sie dasselbe nicht, und machen keine Correction nothwendig; aber eben dieses muss erst durch eine eingehende Untersuchung festgestellt werden. Im Folgenden bringe ich von den darüber angestellten Rechnungen Kürze halber nur die Hauptresultate.

1. Die Mauern des Locales üben ohne Zweifel eine Anziehungskraft auf die Kugeln der Drehwage aus. Allein dieselbe ist nicht nur kein Hinderniss für eine genaue Bestimmung der Gravitationsconstante,

sondern sie macht nicht einmal eine weitere Correction nothwendig. Wären die Mauern ringsum in der Gestalt einer Hohlkugel aufgerichtet, dann wäre ihr Einfluss vollkommen gleich Null, auch wenn sie dem Apparat sehr nahe stünden, obgleich die einzelnen Theilkräfte ziemlich stark sein würden, weil nämlich die einzelnen Effecte sich gegenseitig aufheben. Ganz ähnlich werden auch die Mauern irgend eines ringsum geschlossenen Raumes in Hinsicht auf ihre Anziehungskraft zu sehr grossem Theil sich aufheben. Ein Theil dieser Kräfte wird allerdings wirksam bleiben, allein diese Wirkung ist bei allen Versuchen die gleiche, und sie besteht nur darin, dass *a)* die Schwingungszeit T des Armes etwas beeinflusst wird, und *b)* die Reduction auf unendlich kleine Schwingungen ein wenig stärker wird. Die erste Wirkung ist genau dieselbe, wie wenn die Torsivkraft des Drahtes etwas stärker wäre, und dieselbe ist schon enthalten in dem, was oben einfach als Torsionskraft des Drahtes bezeichnet wurde (III. *c*. 6.). Es bedarf also keiner weiteren Correction. Die zweite Wirkung *b* wird bei der Bestimmung der Reduction (IV. *b*. 2.) mit berücksichtigt, ohne dass noch eine eigene Correction erforderlich wäre. IV. *c*.

2. Die zwei hinteren Beine des Tripods üben einigen Einfluss auf die Kugeln. Um denselben thunlichst abzuschwächen, war ich schon bei der Herstellung des Apparates darauf bedacht, dass diese Beine aus dünnwandigen ($^1/_3\,mm$) Messingrohren gebildet wurden. Eine genaue Rechnung ergab nun, dass dieser störende Effect trotz der geringen Distanz (ca. 6 *cm*) ganz vernachlässigt werden kann. Dies hauptsächlich deshalb, weil die Wirkungen der beiden Beine fast vollständig sich aufheben. Die Rechnung vereinfachte ich dadurch, dass ich die Rohre so betrachtete, als ob ihre Masse in der Axe concentrirt wäre, im Übrigen aber befolgte ich strenge Formeln. Werden die Beine der Einfachheit halber als vertical angesehen, dann ergibt der Calcul, dass durch sie die Torsionskraft des Drahtes um $^1/_{4430}$ vermindert wird. Die genauere Rechnung mit schiefstehenden Beinen ergibt $^1/_{4900}$. Der Effect ist also ein sehr geringer, und derselbe ist schon enthalten in der »Torsionskraft« des Drahtes. Der Einfluss der Beine auf die Reduction fand sich fast genau gleich Null, indem das Drehmoment derselben sehr gering und fast genau proportional zur Elongation gefunden wurde. Sollte derselbe auch weit grösser sein, so wäre er doch schon in der »Reduction« (IV. *b*. 2.) mit enthalten.

3. Der Körper des Beobachters, und namentlich der Kopf, welcher während der Beobachtung dem Apparat ziemlich nahe kommt (ca. 50 *cm*), könnten eine Störung verursachen. Die Wirkung ist analog derjenigen der Massen in der »90°-Stellung«, und besteht in einer Verlangsamung der Schwingungszeit. Der Calcul ergibt, dass der Kopf dieselbe um ca. 0^s1 vergrössern würde, und somit der ganze Körper etwa um 0^s2. Allein die Einwirkung findet nur eine kurze Zeit ($2^1/_2$ bis 3 Minuten) statt und zwar in der Stellung der geringsten Einwirkung, so dass die Störung nur ca. 0^s02 beträgt. — Eine Correction hiefür ist aber nicht erforderlich, weil dieser Einfluss bei allen einzelnen Durchgängen in gleicher Weise stattfindet, und folglich dieselbe Wirkung hat, wie wenn die Torsionskraft des Drahtes um ca. $^1/_{30000}$ schwächer wäre. Und diese Wirkung ist in der Torsionskraft des Suspensionsdrahtes bereits mit inbegriffen.

4. Das Gewicht des Chronographen könnte bedenklichere Störungen bewirken, sofern die Höhe desselben eine sehr verschiedene sein kann, und folglich die Wirkung nicht eine constante ist. Es waren gewöhnlich drei von den fünf Gewichtsplatten im Gebrauch, welche mit dem Träger zusammen ca. 5 *kg* wiegen, und die Stellung ist die in Fig. 4, Taf. II mit einem Kreis bezeichnete. Die Höhe des Gewichtes kann variiren von ca. 20 *cm* über bis ca. 80 *cm* unter den Massen. Für die verschiedenen Höhen ergab der Calcul die Ablenkung (Δd) und die Änderung der Schwingungszeit (ΔT)

bei $\pm 20\,cm$ Höhe	$\Delta d = 0\cdot0535\,p$;	$\Delta T = -0^s0470$
0	$0\cdot0698$	$-0\cdot0534$
-40	$0\cdot0288$	$-0\cdot0399$
-50	$0\cdot0191$	$-0\cdot0178$.

Es könnten also, wenn unbehutsam operirt würde, allerdings erhebliche Störungen entstehen, und die Correctionen wären sehr beschwerlich. Ich habe deshalb diese Schwierigkeit zu umgehen gesucht,

IV. *c.* und war bei den Beobachtungen von a. 1892 und 1894 stets darauf bedacht, dass die Höhe des Gewichtes bei allen einzelnen Durchgängen constant dieselbe war ($-40\,cm$). Zu diesem Zweck befolgte ich ein stereotypes Verfahren, indem ich nach jedem Durchgang das Gewicht bis zu einer bestimmten Höhe emporwand. Kleine Ungenauigkeiten werden dabei vorgekommen sein, allein dieselben sind jedenfalls unbedeutend, und sie werden bei den einzelnen Durchgängen bald in plus, bald in minus stattfinden. Das Hauptresultat wird durch diese kleine Fehlerquelle sicher nicht um $^1/_{20000}$ gefälscht worden sein.

5. Störung durch Magnetismus. — Die Kugeln m und der Arm sind zwar (cf. Einleitung) ganz eisenfrei, und wurden von Mechanikern geliefert, welche gerade hiefür Specialisten sind. Dennoch könnte ein Zweifel aufkommen, ob nicht kleine derartige Mängel stattfänden, welche für die Prüfungsmethoden jener Mechaniker zu gering wären, aber bei der ausserordentlichen Empfindlichkeit, welche bei den Gravitationsversuchen eingehalten werden muss, dennoch eine merkliche Störung bewirken könnten. Ich habe, um diesen Zweifel zu beseitigen, ein sehr einfaches Experiment in Anwendung gebracht. Ich liess nämlich den Apparat unter sonst völlig gleichen Umständen Schwingungen ausführen, abwechselnd mit Einwirkung von zwei sehr starken Stahlmagneten von $25\,cm$ Länge, welche der Drehwage möglichst nahe gebracht wurden, und dann (ohne solche Einwirkung, oder besser) mit gleicher, aber entgegengesetzter Einwirkung. Bei keinem dieser Versuche konnte ich auch nur eine Spur von Änderung in der Schwingungszeit oder der Ablenkung entdecken. Nun sind die grossen Stahlmagnete sicher mehrere hundertmale stärker magnetisch, als die eisernen Hohlkugeln durch Induction überhaupt werden könnten. Man kann also eine allenfallsige Störung durch den Magnetismus der Massen und des Armes mit allem Recht gleich Null setzen.

V. Beobachtungen und Resultate.

a) Deflexionsbeobachtungen und Resultate.

V. *a.* Für jede Beobachtung werden einige Zeilen der Originalnotizen aus dem Beobachtungsjournal angeführt, welche die Zeiten des Antrittes des Index X_{II} an die danebenstehenden Scalenstriche angeben. Bei der obersten dieser Antrittszeiten ist auch die Minute angegeben, sonst aber nur die Secunde mit Zehnteln. Die des Raumes wegen weggelassenen Minuten sind nöthigenfalls leicht zu suppliren, und die Stunde ist aus der ersten Zeile ersichtlich, wo die Zeit der Mitte von A, B, C notirt ist.

Diese Zeiten sind die direct beobachteten, also nach der Ankeruhr. Deshalb bedürfen sie einer Correctur U_I vom Gang der Ankeruhr in Bezug auf den Regulator, und einer Correctur U_{II} vom Gang der Regulatoruhr. Beide sind in der Überschrift für jede Beobachtung angegeben, ebenso auch der Luftdruck (Ba) und die Temperatur (te), beides unter der Glocke, wie auch die Ruhelage (m) vor der Beobachtung.

Aus den vier Zeilen der Antrittszeiten wird die Schwingungszeit T ermittelt, wie es früher (III. *a.*) erklärt wurde, und wie es bei den Oscillationsbeobachtungen (inf. V. *b.*) geschieht. Es sind deshalb hier nur die Resultate angegeben.

Die Berechnung der Deflexion (d) geschieht ebenfalls wie oben (l. c.) auseinandergesetzt wurde. Für die zwei ersten Beobachtungen (7. und 8. April) wird sie auch in Kürze ausgeführt. Die Zeilen 7—11 enthalten nämlich für jeden Scalenstrich die Differenzen je zweier aufeinanderfolgender Antrittszeiten (A_2—A_1), (A_3—A_2).... Dabei sind nur die ganzen Secunden gross gedruckt; die kleine Ziffer rechts gibt die Zehntelsecunde, die kleine Ziffer links die Zahl der Minuten mit Weglassung von 8. — Die Zeilen 12—16 enthalten die Differenzen der in Zeile 7—11 gegebenen Zahlen ganz in Secunden ausgedrückt. — Die Zeilen 17—20 geben die hieraus berechneten Mittellagen, und zwar Zeile 17 aus den zwei der Mittellage nächsten Antritten, Z. 18 aus den zwei folgenden seitlichen Antritten, und Z. 19 aus noch weiter von der Mitte abstehenden Antritten (welche Raumes halber hier nicht angeführt wurden); Z. 20 das Mittel aus diesen drei Werthen.[1] Aus der Übereinstimmung dieser drei von einander ganz unabhängigen Werthe ist

[1] Für dieses Mittel wurden a. 1894 den drei Einzelwerthen gleiche Gewichte gegeben, a. 1892 aber war diese Rechnung meistens genau (mittelst »règle à calcul) und deshalb dann die Gewichte resp. = 3, 2, 1.

ersichtlich, dass schon bei jedem einzelnen von den vier »*m*. med.« durchschnittlich eine Genauigkeit bis auf ca. 0·005p, meistens auch bis auf ca. 0·0025p (d. h. auf etwa $^1/_2$ Secunde im Winkel) erzielt wird. Eben um dies mit Sicherheit erkennen zu lassen, glaubte ich bei jedem die drei einzelnen Werthe angeben zu sollen. Auch an dem Mittelwerth (»m. med.«) dieser drei Einzelwerthe ist eine Correction erforderlich wegen der sinusoidalen Natur der Schwingungsbewegung. Es wurde dafür die Correction für die Antrittszeiten an den seitlichen Scalenstrichen berechnet, womit die Bewegung auf ideale Gleichmässigkeit reducirt wurde. Damit ergab sich die Correctur für die Differenzen der Zeilen 7—11 und der Zeilen 12—16, und folglich auch die Correction für »m. med.« Dieselbe wurde graphisch dargestellt, so dass sie in den einzelnen Fällen durch Ablesen leicht und sicher bestimmt werden konnte. — Zeile 21 gibt die Mittellage, befreit von der elastischen Nachwirkung — vergl. die S. 46 [230] folgende Bemerkung. V. *a*.

Für die übrigen Beobachtungen können die Mittellagen ganz in gleicher Weise leicht aus Zeile 2—5 berechnet werden; deshalb sind nur die Resultate angegeben, ohne den für dieselben dienenden Calcul.

1892.

7. IV. *A*. $7^h 52^m$; $U_I = -3·85$; $U_{II} = (-1·43) - 0·021$.

50	24 56^1	36 38^4	46 28^0	58 19^7	8 2^0	19 58^1	
49	17^8	15^4	52^4	53^5	30^3	28^0	corr.
48	38^4	53^2	16^9	27^3	58^5	58^5	−3·87
47	0^2	30^9	41^9	1^2	26^6	28^0	
$T=$		36·6 ^{7}	35·9 ^{5}	39·5 ^{5}	32·8 ^{0}	36·24	32·37
						med., corr.	
50 Δ	342^3	149^6	351^7	142^3	356^1		
49	257^6	237^0	31^1	236^8	257^7		
48	214^8	323^7	210^4	331^2	20^0		
47	130^7	411^0	119^3	425^1	11^1		
50	ΔΔ =	112·7	122·1	129·4	134·1		
49		−20·6	+24·1	−24·3	+20·9		
48		+68·9	−73·3	+80·8	−91·3		
47		160·3	171·1	186·3	204·0		
m =		48·769	·753	·768	·813		corr.
		·763	·752	·770	·810		−·006
		·770	·772	·767	·812		med.
m med. =		·767	·759	·768	·812	48·777	48·771
correct. =		·818	·816	·831	·878		

C. $10^h 1^m$; $U_I = -4·14$; $Ba = 16^{mm}$; $m = 62·5$.

33 28^5	44 52^3	55 5^1	6 31^8	16 41^0	28 14^8	
46^9	32^7	26^1	9^3	5^0	48^7	corr.
4^9	13^3	46^9	47^1	28^4	23^3	−4·16
23^4	54^2	8^5	25^1	52^7	57^9	
	40·8^7	35·1^6	39·9^8	37·5^9	38·6^5	34·49
323^8	213^1	326^1	29^2	333^8		
245^8	253^7	242^9	255^7	243^7		
28^6	333^4	20^3	341^3	154^9		
130^8	114^3	116^6	427^6	15^2		
	−70·7	+73·3	−77·2	+84·6		
	+7·9	−10·8	+12·8	−12·0		
	84·8	−93·1	101·0	106·4		
	163·5	177·7	191·0	202·4		
	49·101	·128	·142	·124		corr.
	·090	·125	·140	·124		−·006
	·09	·130	·140	·14	med.	med.
	·096	·127	·141	·127	49·122	49·116
	·130	·170	·191	·183		

B. $8^h 57^m$; $U_I = -3·96$; $te = ca$ 17·2°C.

77	29 34^3	39 36^3	51 17^2	1 12^6	12 59^6	22 48^5	
76	17^3	54^1	57^6	33^3	36^8	12^3	corr.
75	0^3	12^6	38^2	53^8	14^9	36^0	−3·98
74	43^1	30^9	18^6	15^6	52^1	0^9	
$T=$		39·6^7	40·3^0	38·0^3	40·6^0	39·50	35 52
						med., corr.	
77 Δ	22^0	340^9	155^4	347^0	148^9		
76	237^1	33^1	235^8	33^5	235^5		
75	312^2	225^7	315^6	221^1	321^1		
74	347^5	147^7	357^0	136^8	48^5		
77	ΔΔ	98·9	105·6	111·6	118·1		
76		+26·0	−27·4	+27·7	28·0		
75		−46·5	+49·9	−54·5	+60·0		
74		120·5	129·3	140·2	157·7		
m =		75·642	·646	·664	·687		corr.
		·648	·652	·672	·684		−·006
			644	·672	·690	med.	
m med. =		·644	·647	·668	·687	75·662	75·656
corr. =		·643	·636	·648	·661		

$A = 48·771$ ... $T = 32·37$
$C = 49·116$ .. ... 34·49

med. = 48·943 ...... 33·43
$B = 75·656$ ...... 35·52

Δ = 26·713 med. = 34·47^5
$d = 13·3565$ −·465 (IV. *a*. 15.)

34·01^0 = T_0 correct.

13·26963 = d general. (III. *b*. 15)
+ ·0412^3 = corr. *v*. T_0 (III. *b*. 18)

13·3108^6 = d. norm.
13·3565 = d. obs.

Δd = +0·0456^1 = 1·292; von 13·356^5.

0·01899^9 = D = 292
5·55916^4 = D praelim. (v. Einleitung)

5·54016^5
+ 158^7 = Σ corr. (IV. *a*. 15)

−17 = corr. *v*. *te*

5·54158^2 = D. Curvenausbucht. = 0·05p
−1044 = corr. dafür

5·53114^2 = D correct.

V. *a.* 1892. 8. IV. *A.* $7^h 47^m$; $U_1 = -3·76$; $U_{11} = -0·022^1$; $Ba = 16^{mm}$.

76	25 55^9	35 46^2	47 37^6	57 21^1	9 20^8	18 53^1		
75	39^0	4^1	17^5	41^5	58^8	17^6	corr.	
74	21^5	22^9	57^8	3^4	35^8	41^9	$-3·782$	
73	4^7	40^6	38^5	23^7	12^9	5^9		
T =		$37·5^8$	$38·9^1$	$39·2^1$	$37·2^7$	38·24	34·46	
						med., correct.		
76 Δ	$_1 50^3$	$_3 51^1$	$_1 43^5$	$_3 59^7$	$_1 32^6$			
75	$_2 25^4$	$_3 13^1$	$_2 24^0$	$_3 17^3$	$_2 18^8$			
74	$_3\ 1^4$	$_2 34^9$	$_3\ 5^6$	$_2 32^1$	$_3\ 6^1$			
73	$_3 35^9$	$_1 57^9$	$_3 45^2$	$_1 49^2$	$_3 53^0$			
76 ΔΔ		121^2	127^9	130^2	147^1			
75		$+47^7$	-49^2	$+53^3$	-58^1			
74		-26^5	$+30^7$	-33^2	$+33^7$			
73		-98^0	107^3	116^0	123^8			
m =		74·357	·385	·384	·365		corr.	
		·341	·370	·380	·370		+ ·001	
		·353	·371	·376				
m med. =		·360	·378	·381	·367	74·371	74·372	
corr. =		·309	·320	·319	·300	med., correct.		

C. $10^h 1^m$; $U_1 = -3·82$; $te = ca\ 17·0^0$.

34 53^6	44 46^2	50 41^9	0 21^3	18 27^2	27 56^7			
35^3	5^8	21^4	43^1	2^6	21^6	corr.		
16^6	25^3	59^6	6^2	38^7	47^6	$-3·84^2$		
58^0	45^0	39^0	27^8	14^6	13^3			
*	$(44\ 0^1)$	$39·1^0$	$40·4^0$	$40·1^3$	39·93	36·09		
$_1 52^6$	$_3 55^7$	$_1 39^1$	45^9	$_1 29^5$				
$_2 30^5$	$_3 15^6$	$_2 22^0$	$_3 19^2$	$_2 19^0$				
$_3 8^7$	$_2 34^3$	$_3\ 6^6$	$_2 32^5$	$_3\ 8^9$				
$_3 47^0$	$_1 54^0$	$_3 48^8$	$_1 46^8$	$_3 58^7$				
	123^1	136^2	140^6	156^3				
	$+45^1$	-53^6	$+59^2$	-60^2				
	-34^4	$+32^3$	-34^1	$+36^4$				
	113	114^8	122^0	131^9				
	74·433	·376	·366	·377		corr.		
	·434	·370	·367	·371		+ ·001		
	·428	·370	·373	·372				
	·432	·373	·367	·374	74·386	74·387		
	·398	·330	·317	·318				

B. $8^h 56^m$; $U_1 = -3·76$; $m = 61·44$.

49	29 0^6	40 31^6	50 39^5	2 10^0	12 15^6	23 49^7		
48	16^2	15^0	57^5	50^3	36^3	27^3	corr.	
47	32^5	58^0	16^0	31^2	57^4	5^0	$-3·782$	
46	48^3	41^0	34^0	11^5	18^1	42^9		
T =		$42·3^5$	$34·3^5$	$40·1^7$	$35·4^8$	$38·0^9$	34·31	
49 Δ	$_3 31^0$	$_2 7^9$	$_3 30^5$	$_2 5^6$	$_3 34^1$			
48	$_2 58^8$	$_2 42^5$	$_2 52^8$	$_2 46^0$	$_3 51^0$			
47	$_2 25^5$	$_3 18^0$	$_2 15^2$	$_3 26^2$	$_2 7^6$			
46	$_1 52^7$	$_3 53^0$	$_1 37^5$	$_1 6^9$	$_1 24^6$			
49 ΔΔ		-83^1	$+82^6$	-84^9	$+88^5$			
48		-16^2	$+10^3$	-6^8	$+5^0$			
47		$+52^1$	-62^8	$+71^0$	-78^6			
46		120^7	135^5	149^4	102^3			
m =		47·764	·853	·915	·941		corr.	
		·777	·860	·915	·932		− ·002	
		·764	·860	·915	·940			
m med. =		768	·856	·915	·938	47·869	47·867	
corr. =		·770	·867	·935	·964			

A = 74·372 . . 34·46
C = ·387 . . 36·09

74·379 . . 35·275
B = 47·867 . . 34·31

Δ = 26·512   34·792
d = $13·256^0$ − ·465 (IV. *a.* 15)

34·327 = T_0

13·26963 = *d.* general.
4775 = corr. *v.* T_0 (III. *b.* 18)

13·31738 = *d.* norm.
·2500 = *d.* obs

−0·0614 = Δ*d* = 1 : 215·9 von 13·31738

+ $·02574^6$ = *D* : 215·9
·559104 = *D* provis.

5·584910
+ $·158^7$ = Σ corr.
-50^5 = corr. *te*

$5·58599^2$ = *D*.

Curveausbuchtung = 0·170

−3545 = corr.
$5·58599^2$

$5·55054^2$ = *D* corr.

Gewicht = $^1/_4$.

Es stellt sich schon an diesen Beobachtungen heraus, dass trotz der für hinreichend erachteten Luftverdünnung noch Störungen vorkommen, welche nur aus minimalen Luftströmungen erklärt werden können. Solche können offenbar nicht plötzlich eintreten, sondern nur langsam sich entwickeln, und sie werden folglich eine langsam verlaufende kleine Verschiebung der Mittellage bewirken. Da nun die Deflexionsbeobachtungen (auch ohne Chronograph) einen hohen Grad von Genauigkeit haben, so ist die Möglichkeit geboten, diese Störung numerisch zu bestimmen und somit sie zu eliminiren.

Zu diesem Zweck werden die einzelnen (gewöhnlich 4) Mittellagen jeder der drei Beobachtungen *A*, *B*, *C* zunächst von dem Effect der elastischen Nachwirkung befreit, so dass sie die normale Ruhelage zu der betreffenden Zeit darstellen. Dies ist nach der eben (IV. *a.* 1. fin.) entwickelten Theorie sehr leicht. Die Fehler betragen nämlich für *A* 7·15, 8·00, 8·75, 9·15, für *B* 0·2, 1·55, 2·66, 3·52, für *C* 4·8, 6·0, 6·95, 7·72 in der Einheit jener Hilfsversuche. Sonach ist jede einzelne Mittellage gegen die Mitte der Scala (60 *p*) hin zu verschieben. A_2 um 0·0513 *p*, A_3 um 0·0575, A_4 um 0·0628, A_5 um 0·0658; B_2 um

* Hier ist offenbar eine Störung, da das *T* für C_2 um 4^2 Secunden von C_1 abweicht. Für *T* wurde deshalb C_2 ganz vernachlässigt. Deshalb und wegen der sehr starken Ausbuchtung, wird dieser Beobachtung nur das Gewicht = $^1/_4$ zuzusprechen sein.

0·00144, B_3 um 0·01114, B_4 um 0·01912, B_5 um 0·0256; C_2 um 0·0345, C_3 um 0·0431, C_4 um 0·0499, V. *a.* C_5 um 0·0555 p. In dieser Weise (oder in einer nur wenig veränderten, entsprechend den Zwischenzeiten der Beobachtungen A, B, C) sind die Zahlen entstanden, welche in den hier angeführten Rechnungen mit »m. med. corr.« bezeichnet sind.

Diese einzelnen Mittellagen werden nun, mit den entsprechenden Zwischenzeiten als Abscissen, in ein Coordinatennetz eingetragen, wie es die Figuren der Tafel III darstellen. Die Beobachtungen geben offenbar drei Stücke einer Curve, A, B, C, und die Aufgabe besteht nun darin, durch die Punkte von A und C eine möglichst einfach verlaufende Curve zu legen, so dass sie auch den Punkten von B parallel, d. h. mit constanter Ordinatendifferenz verläuft.

Danach handelt es sich darum, die Grösse der »Ausbuchtung«, sofern sie hier von Einfluss ist, aus der Curve zu bestimmen. Zu diesem Zweck werden von den vier Punkten von A und C die Schwerpunkte a und c bestimmt und durch eine Gerade verbunden. Die vier Punkte von B werden dann in ihren Ordinaten verschoben und in die Curve gerückt. Von diesen vier Curvenpunkten wird ebenfalls der Schwerpunkt (b) bestimmt. Das Stück der Ordinate von b bis zu jener Geraden ist nun die Ausbuchtung. In dem Falle von 8. IV. 1892 ist dieselbe $= +0·170\,p$. Dies bedeutet nun, dass zur Zeit der mittleren Beobachtung B die Mittellage um $0·170\,p$ höher in der Scala lag, als aus A und C folgen würde. Es ist also auch die ganze Beobachtung B um $0·170\,p$ zu hoch, und folglich in diesem Fall die doppelte Ablenkung $\Delta = 2.d$ um $0·170\,p$ zu klein. Die richtige Ablenkung d ist also um $0·085\,p$ grösser, d. h. um 85 : 13300 $= {}^1/_{156} . d$, und folglich ist das richtige D um ${}^1/_{156}\,D$ kleiner als das ohne Curve berechnete. Somit ist $D = 5·58599 - 0·03545 = 5·55054$.

Allgemein entspricht einer Ausbuchtung $= 0·1\,p$ eine Correction an D um ca. ${}^1/_{266} . 5·53 = 0·0208$ oder $20·8\,t$. Das Vorzeichen derselben, + oder —, kann nach der Regel bestimmt werden: Wenn die Ausbuchtung der Curve nach derselben Seite der Scala gerichtet ist, wie die Ablenkung der mittleren Beobachtung B, dann wird durch dieselbe die Differenz $\Delta = 2\,d$ zu gross, und folglich ist dann die Correction an C (Gravitationsconstante) negativ und an D positiv, andernfalls negativ.

In den meisten Fällen ist diese Störung sehr viel geringer, und namentlich ist aus Taf. III zu ersehen, dass sie 1894 bei höherem Vacuum bedeutend kleiner ist, als a. 1892. Nach den Figuren möchte man urtheilen, dass die Wanderungen der Mittellage im Durchschnitt ganz proportional dem Luftdruck seien Auch noch bei den geringen Luftdrucken des Jahres 1894 ist dies bemerkbar. Um es leichter ersichtlich zu machen, ist in Fig. 11 bei den einzelnen Curven der Luftdruck beigefügt worden (a. 1892 war derselbe ca. 16 *mm*). Aber auch bei den stärksten vorkommenden Störungen ist dieselbe nach absolutem Werth sehr gering. Eine Ausbuchtung $= 0·1\,p$ — in den Figuren ca. 1·3 *cm* — entspricht einer wirklichen Veränderung der Ablenkung d um nur ca. 10 Bogensecunden, oder linear um 0·006 *mm*, d. i. ca. ${}^1/_{13}$ der Dicke eines Haares. Offenbar ist es aber von Vortheil, dass die Correction consequent in allen Fällen applicirt werde. Indess die Sicherheit der Correctur ist sehr verschieden. Wenn die Ausbuchtung sehr stark ist, dann ist die Sicherheit geringer, und muthmasslich ist dann die richtige Correctur stärker als die der Curve entnommene. Auch wenn die Ausbuchtung gering ist, ist die Correctur unsicher, wenn die Curve nicht einfach verläuft, sondern mit drei oder vier Inflexionspunkten. Man wird in solchen Fällen besser mit einer zu geringen Correction sich begnügen, als einer unsicheren Construction zu viel zuzutrauen.

10\. IV. *A.* $8^h 11^m$; $U_1 = -0·68$; $U_{11} = -0·022$ $(-1·60)$.

48													
47	44	3^1	55	27^2	5	31^5	10	58^8	27	2^2	38	30^5	corr.
46		18^3		10^5		49^2		40^1		22^2		9^3	— ·702
45		33^9		54^4		6^8		21^4		42^5		47^3	
44		49^7		38^0		24^1		2^5		2^6		20^0	

$T=$	$31·6^6$	$28·3^0$	$34·3^9$	$27\ 5^1$	$30·46$	$29·75^8$
$m=$	45·795	·822	·877	·935		
	·793	·825	·887	·948	med.	
m med. $=$	·794	·823	·880	·940	45·859	
corr. $=$	·845	·880	·940	·006		

C. $10^h 21^m$; $U_1 = -0·62$; $te = 17·8^0 c$.

53	15^0	4	49^6	14	44^9	20	25^6	36	13^8	48	1^6	
	29^0		34^1		0^3		8^3		32^3		42^1	corr.
	42^6		19^7		15^6		52^1		50^3		23^5	— ·04^2
	50^2		5^2		31^7		35^2		7^9		4^2	

$T=$	$32·4^2$	$33·0^7$	$32·9^5$	$31·0^2$	$32\ 70^5$	$32·13^3$
$m=$	46·323	·310	·330	·352		
	·313	·320	·328	·338	med.	
m med. $=$	·319	·318	·329	·347	46·328	
corr. $=$	·353	·361	·379	·403		

V. *a.*

$B.\ 9^h 15^m;\ U_1 = -0{\cdot}61;\ Ba = 1{\cdot}6c;\ m = 59{\cdot}78p.$

75	49 8^5	58 39^8	10 43^0	20 9^8	32 21^6	41 40^5	
74	51^2	58^1	23^2	31^2	59^6	4^6	corr.
73	34^5	16^3	4^3	51^7	36^9	28^1	$-{\cdot}632$
72	17^9	34^6	44^8	12^2	14^7	50^7	
71	1^1	52^7	25^2	33^2	52^6	16^0	
$T =$		$30{\cdot}8^0$	$34{\cdot}0^1$	$34{\cdot}3^7$	$34{\cdot}7^5$	$33{\cdot}49$ med.,	$32{\cdot}85^8$ correct
$m =$		$72{\cdot}915$	$\cdot002$	$\cdot027$	$\cdot067$		
		$\cdot922$	$\cdot998$	$\cdot019$	$\cdot052$	med.	
m med. =		$\cdot918$	73 001	$\cdot024$	$\cdot061$	**73·001**	
corr. =		$\cdot917$	$\cdot998$	$\cdot004$	$\cdot035$		

$A = 45{\cdot}859$	$29{\cdot}758$	$13{\cdot}26963 = d.$ general.	$8075 = 1/68{\cdot}8\,D$	Curvenausbuchtung $= 0{\cdot}155p$
$C = 46{\cdot}328$	$32{\cdot}133$	$-1154^7 =$ corr. $v.\ T_0$	55916^1	corr. $= +0{\cdot}03236$
med. $= 46{\cdot}094$	$30{\cdot}946$	$13{\cdot}25808^3 = d.$ norm.	$5{\cdot}47841^4$	$5{\cdot}47932^6$
$B = 73{\cdot}001$	$32{\cdot}858$	$\cdot453^5 = d.$ obs.	$+158^7 = \Sigma$	**$5{\cdot}51168^6 = D$ corr.**
$\Delta = 26{\cdot}907$	$31{\cdot}902$	$+0{\cdot}1954^2 = \Delta d.$	$5{\cdot}48000^1$	
$d = 13{\cdot}453^5$	$-{\cdot}465$	$= 1/68{\cdot}8$	$-67^5 =$ corr. le	
	$31{\cdot}437 = T_0$		**$5{\cdot}47932^6 = D$**	

Curve etwas unsicher; T in A_2 und B_2 etwas gestört; $C-A$ sehr gross, deshalb das Gewicht = ca. $^1/_1$.

1892. 11. IV. $A.\ 7^h 53^m;\ U_1 = -0{\cdot}76;\ U_{11} = -0{\cdot}022.$

74	26 24^3	30 16^5	47 57^3	57 46^7	9 33^5	19 17^0	
73	7^6	34^7	38^1	7^1	11^2	40^9	corr.
72	50^8	53^1	18^8	28^1	49^3	4^1	$\cdot782$
71	33^1	12^0	59^3	49^2	27^0	28^1	
$T =$		$29{\cdot}3^3$	$33{\cdot}7^0$	$31{\cdot}8^9$	$34{\cdot}9^1$	$32{\cdot}45^7$	$31{\cdot}67^5$
$m =$		$72{\cdot}503$	$\cdot559$	$\cdot579$	$\cdot609$		
		$\cdot511$	$\cdot568$	$\cdot590$	$\cdot616$		
		$\cdot505$	$\cdot570$	$\cdot590$	$\cdot590$	med.	
m med. =		$\cdot506$	$\cdot564$	$\cdot584$	$\cdot608$	**72·566**	
corr. =		$\cdot455$	$\cdot507$	$\cdot522$	$\cdot542$		

$C.\ 10^h 3^m;\ U_1 = -0{\cdot}78;\ m = 59{\cdot}63.$

37	1^2	46 58^3	58 40^9	8 31^6	20 19^0	30 1^8	
	41^7	19^4	18^6	55^4	53^1	29^6	corr.
	21^8	40^1	55^4	19^6	27^3	57^1	$-{\cdot}802$
	1^9	1^9	32^7	44^3	2^2		
$T =$		$35{\cdot}2^5$	$37{\cdot}8^0$	$33{\cdot}5^0$	$35{\cdot}7^9$	$35{\cdot}58^5$	$34{\cdot}78^3$
$m =$		$72{\cdot}745$	$\cdot754$	$\cdot785$	$\cdot795$		
		$\cdot760$	$\cdot768$	$\cdot796$	$\cdot794$		
		$\cdot751$	$\cdot758$	$\cdot77$		med.	
m med. =		$\cdot751$	$\cdot759$	$\cdot786$	$\cdot795$	**72·773**	
corr. =		$\cdot710$	$\cdot716$	$\cdot730$	$\cdot739$		

$B.\ 8^h 58^m;\ U_1 = -0{\cdot}77;\ le = \text{ca. } 17{\cdot}3^0;\ Ba = 16^{mm}.$

47	30 23^6	41 45^1	51 53^3	3 20^1	13 24^6	24 54^2	
46	40^1	27^8	11^8	59^8	45^9	30^8	corr.
45	56^9	9^7	31^1	39^6	8^0	6^9	$-{\cdot}792$
44	13^4	51^9	50^3	19^5	30^3	43^9	
$T =$		$33{\cdot}1^1$	$31{\cdot}1^1$	$35{\cdot}5^7$	$29{\cdot}1^3$	$32{\cdot}23^7$	$31{\cdot}44^5$
$m =$		$45{\cdot}959$	$\cdot949$	$\cdot979$	$\cdot014$		
		$\cdot962$	$\cdot958$	982	$\cdot025$		
		$\cdot955$	$\cdot961$	$\cdot992$	$\cdot03$	med.	
m med. =		$\cdot955$	$\cdot954$	$\cdot982$	$\cdot020$	**45·978**	
corr. =		$\cdot956$	$\cdot965$	$\cdot002$	$\cdot046$		

$A = 72{\cdot}566$	$31{\cdot}675$	$13{\cdot}20963 = d.$ general.	$5{\cdot}55916^1 = D$ prael.	Curvenausbauchung gering
$C = \ \cdot773$	$34{\cdot}783$	$-262^5 =$ corr. $v.\ T_0$	$-3203^6 = 1/175\,D$	ca. $0{\cdot}01p$. in minus
med. $= 72{\cdot}669^5$	$33{\cdot}229$	$13{\cdot}26700^5 = d.$ norm.	$5{\cdot}52712^8$	
$B = 45{\cdot}978$	$31{\cdot}445$	$3457 = d.$ obs.	$+158^7 = \Sigma$ corr.	corr. $= -209$
				$5{\cdot}52846^2$
$\Delta = 26{\cdot}691^5$	$32{\cdot}337$	$0{\cdot}0787 = \Delta d.$	$5{\cdot}52871^5$	
$d = 13{\cdot}345^7$	$-{\cdot}405$	$= 1/173^5$	$-25^3 =$ corr. le	**$5{\cdot}52637^2 = D$ corr.**
	$31{\cdot}872 = T_0$		**$5{\cdot}52846^2 = D$**	

12. IV. $A.\ 7^h 59^m;\ U_{11} = -0{\cdot}68;\ U_1 = -0{\cdot}022.$

48	21 37^0	43 20^7	53 4^3	5 2^1	14 31^9	26 39^0	
47	52^0	10^2	21^7	43^6	52^1	17^1	corr.
46	7^1	54^3	39^2	24^5	11^2	55^8	$-{\cdot}702$
45	22^5	38^3	56^8	5^9	31^1	34^0	
44	38^1	21^1	14^4	47^1	51^8	13^1	
$T =$		$30{\cdot}7^8$	$31{\cdot}6^7$	$31{\cdot}1^6$	$32{\cdot}4^6$	$31{\cdot}51^7$	$30{\cdot}81^5$
$m =$		$45{\cdot}969$	$\cdot994$	$\cdot019$	$\cdot026$		
		$\cdot965$	$\cdot990$	$\cdot021$	$\cdot035$		
		$\cdot976$	$\cdot991$	$\cdot01$	$\cdot03$	med.	
m med. =		$\cdot969$	$\cdot992$	$\cdot019$	$\cdot030$	**46·003**	
corr. =		$46{\cdot}020$	$\cdot049$	081	$\cdot090$		

$C.\ 10^h 8^m;\ U_1 = -0{\cdot}66;\ le = 16{\cdot}72^0;\ Ba = 16^{mm}.$

40	40^6	52 24^1	2 12^5	14 1^2	23 41^7	35 39^3	
	55^9	7^6	30^6	42^1	1^5	17^1	corr.
	11^1	51^6	47^8	23^1	21^8	55^5	$-{\cdot}682$
	26^9	34^9	5^1	4^1	42^6	34^0	
$T =$		$35{\cdot}4^0$	$33{\cdot}2^6$	$32{\cdot}8^0$	$33{\cdot}9^2$	$33{\cdot}84^5$	$33{\cdot}16^3$
$m =$		$46{\cdot}248$	301	$\cdot310$	$\cdot308$		
		$\cdot249$	$\cdot296$	$\cdot310$	$\cdot316$		
		$\cdot255$	$\cdot31$	$\cdot319$	$\cdot327$	med.	
m med. =		$\cdot249$	$\cdot300$	$\cdot311$	$\cdot314$	**46·293**	
corr. =		$\cdot284$	$\cdot343$	$\cdot361$	$\cdot369$		

V. *a.*

B. $9^h 4^m$; $U_1 = -0{\cdot}60$; $m = 59{\cdot}8$.

74	37 2^1	47 6^2	58 37^9	8 37^9	20 15^7	30 8^8	
73	45^3	25^3	17^7	59^0	53^1	33^4	corr.
72	27^0	43^8	57^5	20^6	29^3	57^9	— ·022
71	9^3	2^8	37^3	43^0	6^1	23^5	

$T=$	$31{\cdot}6^7$	$35{\cdot}6^0$	$33{\cdot}4^6$	$35{\cdot}7^7$	$34{\cdot}12^5$	$33{\cdot}50^3$
					med., correct.	
$m=$	72·836	·801	·854	·853		
	·840	·870	·870	·874		
	·846	·86	·86	·855	med.	
m med. $=$	·839	·864	·860	·860	72·856	
corr. $=$	·838	·853	·841	·834		

$A = 40{\cdot}003$	30·815	13·20963	—3272	Curve nicht sehr sicher,
$C =$ ·293	33·163	$+575^7$	$5{\cdot}55910^1$	Ausbuchtung = ca. 0·042
40·148	31·989	$13{\cdot}27538^7 = d$. norm.	$5{\cdot}52644^1$	corr. = 879
$B = 72{\cdot}856$	33·503	$13{\cdot}3540 = d$. obs.	$+158^7 = \Sigma$ corr.	$5{\cdot}52826^8$
			$+23^7 =$ corr. *te*	
$\Delta = 26{\cdot}708$	32·746	$+0{\cdot}0786 = \Delta d$		$5{\cdot}53705^8 = D$ corr.
$d = 13{\cdot}354$	— ·465	= 1/169·9	$5{\cdot}52826^8 = D$	Gewicht = 0·8.
	$32{\cdot}281 = T_0$			

1892. 13. IV. *A.* $7^h 45^m$; $U_1 = -0{\cdot}52$; $U_{11} = -0{\cdot}022\ (-1{\cdot}6.)$

74	18 11^2	28 14^5	39 45^5	49 44^6	1 21^3	11 14^4	
73	54^4	32^2	27^0	4^5	59^2	37^1	corr.
72	37^8	50^5	7^2	25^3	37^6	1^0	— ·542
71	21^3	8^0	47^8	46^2	15^1	25^2	

$T=$	$30{\cdot}6^9$	$33{\cdot}8^6$	$31\ 4^3$	$34{\cdot}2^7$	32·56	$32{\cdot}01^8$
$m=$	72·770	·780	794	·809		
	·778	·800	·817	·830		
	·775	·80	·815	·826	med.	
m med. $=$	·774	·790	·804	·819	72·797	
corr. $=$	·723	·732	·741	·753		

C. $9^h 53^m$; $U_1 = -0{\cdot}76$; $m = 59{\cdot}82$.

20 9^1	30 26^1	47 48^4	57 52^8	9 26^4	19 26^9	
52^3	38^3	29^0	13^6	4^6	49^7	corr.
35^0	56^3	9^4	34^1	41^7	13^5	— ·782
17^6	15^0	49^5	55^9	18^7	37^9	

$35{\cdot}5^1$	$36{\cdot}7^1$	$33{\cdot}7^6$	$37{\cdot}6^0$	35·90	$35{\cdot}11^8$
72·935	·920	·921	·935		
·940	·930	·938	·951		
·953	·928	·938	·952	med.	
·940	·925	·929	·943	72·929	
·906	·882	·879	·887		

B. $8^h 49^m$; $U_1 = -0{\cdot}64$; $te = 16{\cdot}7^0$; $Ba = 16^{mm}$.

48	21 34^0	33 20^0	43 3^3	54 56^1	4 32^5	16 33^9	
47	50^2	2^1	21^5	30^8	52^7	11^4	corr.
46	5^2	46^8	39^6	18^0	13^7	50^3	— ·662
45	20^8	30^1	57^0	58^5	34^5	27^5	

$T=$	$32{\cdot}0^5$	$32{\cdot}5^2$	$33{\cdot}1^5$	$33{\cdot}4^4$	32·95	$32{\cdot}28^5$
$m=$	46·168	·192	·219	·233		
	·162	·191	·229	·243		
	·168	·188	·213	·237	med.	
m med. $=$	·166	·191	·221	·237	46·204	
corr. $=$	·167	·202	·241	·263		

$A = 72{\cdot}797$	32·018	13·20963	$5{\cdot}55916^4$	Curvenausbucht. = —0·08
$C =$ ·929	35·118	$+945^4 =$ corr. *v.* T_0	$-2102^8 = D : 263$	corr. = —1670
72·863	33·568	$13{\cdot}27908^4 = d$. norm.	$5{\cdot}53813^6$	$\cdot 53997^6$
$B = 46{\cdot}204$	32·285	$\cdot 3295 = d$. obs.	$+158^7 = \Sigma$	$5{\cdot}52327^6 = D$ corr.
26·659	32·9265	$+0{\cdot}0504^2 = \Delta d$.	$+25^3 =$ corr. *te*	
$d = 13{\cdot}329^5$	— ·4053	= 1/264·3	$5{\cdot}53997^6 = D$	
	$32{\cdot}461 = T_0$			

13. V. *A.* $8^h 16^m$; $U_1 = -0{\cdot}20$; $U_{11} = +0{\cdot}135$.

48						
47	54 37^0	4 47^1	16 11^3	26 15^2	37 47^4	corr.
46	20^5	3^9	53^1	35^4	25^7	— ·065
45	4^3	21^4	34^1	55^1	4^3	
44	47^7	39^7	15^1	15^5	42^6	

$T=$	$33{\cdot}5^3$	$29{\cdot}7^7$	$34{\cdot}2^6$	$31{\cdot}83^2$	$31{\cdot}76^7$
$m=$	45·930	·909	·899		corr.
	·944	·929	·903		
	·929	·920	·895	med.	— ·002
m med. $=$	·934	·918	·900	$45\ 91^3$	$45{\cdot}91^1$
corr. $=$	·985	·975	·962		

C. $10^h 43^m$; $U_1 = -0{\cdot}11$; $m = 59{\cdot}76$; $Ba = 16^{mm}$.

15 23^3	20 59^1	30 55^9	48 37^3	58 23^6	10 15^6	
37^0	45^1	11^5	20^2	41^6	57^0	corr.
50^8	30^7	26^6	3^9	59^1	38^5	+ ·025
3^7	15^6	42^1	47^8	16^5	19^0	

$35{\cdot}3^9$	$34{\cdot}7^0$	$31{\cdot}1^2$	$35\ 2^2$	$34{\cdot}10^7$	$34{\cdot}13^1$
46·278	·304	·272	·226	corr.	
·292	·310	·260	·223	— ·0004	
·291	·323	·274	·232		
·283	·309	·268	·226	$46{\cdot}271^2$	46·271
·317	·351	·319	·282		

V. *a.*

B. $9^h 33^m$; $U = -0·19$; $te = 16·3^0$.

74	59 49^6	11 24^5	21 23^3	33 3^6	42 55^4	54 42^6	4 27^9	
73	5^7	7^1	42^5	43^6	16^5	18^8	52^9	corr.
72	21^8	49^8	1^1	22^8	38^6	56^0	17^6	$-·045$
71	39^6	31^7	20^4	1^9	1^1	32^7	43^6	

$T=$	$37·6^3$	$34·6^9$	$36·0^7$	$34·6^2$	$37·6^1$	$35·86^6$ med.,	$35·82^1$ correct.
$m=$	72·623	·659	·659	·666	·695		
	·644	·666	·677	·680	·700		corr.
	·623	·650	·663	·673	·703		$-·001$
m med. $=$	·629	·661	·667	·672	·698	72·666	72·665
corr. $=$	·628	·650	·647	·646	·663		

$A = 45·911$ 31·767 13·26963 $5·55916^4$
$C - 46·271$ 34·131 $+·03938$ $+920^1 = D: 604$

46·091 32·949 $13·3090^1 = d.$ norm. $5·56836^8$
$B = 72·665$ 35·821 $·2870 =$ obs. $+158^7 = \Sigma$
$+59 =$ corr. te

26·574 34·385 $-0·0220 = \Delta d$
$d = 13\ 287$ $-·465$ $= 1/604·0$ $5·57054^5 = D$

33·920

Curvenausbucht. ca. $-0·094$[1]
corr. $= -1966$
$·57054^5$
$5·55088^5 = D$ corr.

[1] Die Curve nicht einfach (4 bis 5 Inflexionen); bei T_c ist Störung; $C—A$ zu gross ($0·36p$); deshalb das Gewicht = ca. $1/4$

1892. 14. V. *A.* $8^h 13^m$; $U_1 = -0·22$; $U_{11} = +0·135$.

75							
74	40 18^1	56 25^4	7 54^5	17 56^9	29 32^8	39 27^1	
73	2^0	43^1	35^0	17^3	10^0	50^8	corr.
72	45^3	1^1	15^5	37^8	48^0	14^4	$-·085$
71	28^1	19^7	56^6	58^6	25^3	38^9	

$T=$	$33·1^6$	$33·9^0$	$35·0^3$	$33·6^9$	$33·94^5$	$33·86^0$
$m=$	72·850	·875	·875	·865		
	·864	·881	·873	·864	corr. $+·0017$	
	·840	·864	·862	·857		
	·853	·875	·872	·863	72·866	72·868
corr. $=$	·802	·817	·809	·797		

C. $10^h 24^m$; $U_1 = -0·13$; $te = 16·52^0$.

57 24^3	7 1^6	19 5^2	28 33^1	40 45^2	50 3^1	
7^0	19^6	45^9	54^0	22^2	27^7	
51^2	38^0	26^7	14^2	0^2	51^1	corr.
34^1	55^7	7^5	34^9	38^2	14^4	$+·005$
40^8	13^9	48^2	56^3	15^7	39^1	

$35·9^8$	$36·5^3$	$33·7^5$	$36·5^7$	$35·70^7$	$35·71^2$
72·974	·985	·019	·056		
·980	·990	·019	·045	corr. 0·0	
·980	·99	·024	·050		
·977	·988	·020	·051	73·009	
·943	·944	·969	·995		

B. $9^h 17^m$; $U_1 = -0·22$; $Ba = 16^{mm}$; $m = 60·06$.

48	49 28^4	1 23^7	10 58^2	23 0^0	32 26^5	44 37^7	
47	46^1	4^3	18^6	37^6	50^8	11^1	
46	4^2	45^7	39^5	15^5	13^0	46^9	corr.
45	21^7	26^2	59^7	53^5	37^8	21^3	$-·085$

$T=$	$35·1^0$	$30·2^5$	$34·5^9$	$30·9^8$	$32·73^0$	$32·64^5$
$m=$	46·162	·215	·247	·261		
	·160	·210	·244	·267		corr.
	·160	·210	·242	·257		$-·0008$
	·161	·213	·245	·262	$46·220^1$	$46·219^6$
corr $=$	·162	·224	·265	·288		

$A = 72·868$ 33·860 13·26963 $5·55916^4$
$C = 73·009$ 35·712 $+25679$ = corr. v. T_0 $-26715 = D: 208·1$ Curvenausbucht. = 0

$72·9385$ 34·786 13·295309 $5·53244^9$
$B = 46·219^6$ 32·645 $·3594^5$ $+158^7 = \Sigma$ $5·53444^1 = D.$
$+40^5 =$ corr. v. te

$26·718^9$ 33·716 $+0·0641^1 = \Delta d$
$d = 13·3594^5$ $-·465$ $= 1/208·1$ $5·53444^1 = D$

$33·251 = T_0$

16. V. *A.* $8^h 13^m$; $U_1 = -0·20$; $U_{11} = +0·132$ (+8·8).

48	45 43^4	57 30^4	9 9^5	19 8^1	28 35^6	40 47^2	
47	59^7	11^9	28^6	47^6	57^4	22^9	corr.
46	15^8	54^8	47^8	27^1	18^9	59^5	$-·068$
45	33^1	36^5	6^4	5^9	41^8	36^2	

$T=$	$31·2^6$	$32·4^3$	$31·8^1$	$32·6^1$	$32·02^7$	$31·95^9$
$m=$	46·201	·179	·153	·130		
	·212	·179	·170	·144		corr. $+·001^9$
	·207	·179	·150	·129	med.	
m med. $=$	·206	·179	·158	·134	46·166	46·168
corr. $=$	·257	·237	·221	·200		

C. $10^h 21^m$; $U_1 = -0·16$; $te = 17·02^0$.

54 2^0	5 41^2	15 34^7	27 17^0	37 4^7	48 54^0
16^0	25^4	50^8	59^2	23^1	34^0
30^2	10^2	6^3	42^6	41^8	13^7
44^7	55^1	22^8	24^9	0^4	53^9

$36·4^8$	$31·6^3$	$34·9^7$	$31·7^3$	$33·70^1$	$33·67^3$
46·267	·315	·339	·369		
·259	·315	·348	·370		corr. $+·0007$
·252	·305	·338	·358	med.	
·262	·313	·342	·368	46·321	46·322
·290	·356	·392	·424		

V. *a.*

B. $9^h 17^m$; $U_I = -0·15$; $Ba = 16^{mm}$.

74	51 13^9	1 21^8	12 51^2	22 54^1	34 29^2	44 26^2	
73	58^1	38^5	33^7	12^8	8^8	47^6	corr.
72	43^8	54^9	15^7	32^1	49^2	9^3	—·018
71	28^3	10^8	58^3	51^0	28^2	31^4	
$T=$		$34·7^6$	$34·8^1$	$35·5^0$	$34·6^1$	$34·92^0$	$34·90^2$
						med.,	correct.
$m=$		72·769	·775	·778	·783		corr.
		·756	·772	·781	·797		—·0013
		·760	770	·778	·781	med.	
m med. =		·763	·774	·779	·787	72·776	$72·774^6$
corr. =		·762	·763	·759	·701		

$A = 46·168$	31·959	13·26963	$5·55916^1$	Curvenausbucht. = —0·146
$C =$ ·322	33·673	$+·02859^1$ = corr. $v.\ T_0$	$+·01400^6 = D$: 397	
46·245	32·816	$13·29822^1 = d.$ norm.	$5·57317^0$	corr. = —3050
$B = 72·774^6$	34·902	·2648 $= d.$ obs.	$+158^7 = \Sigma$	$5·57458^7$
$26·529^6$	33·859	$-0·03340^1 = \Delta d$	$5·57475^7$	$5·54408^7 = D$ corr.
$d = 13·264^8$	—·465	= 1/397	—17 = corr. *te*	Gewicht = 1·0.
	$33·394 = T_0$		$5·57458^7 = D$	

1892. 17. V. *A.* $7^h 55^m$; $U_I = -0·33$; $U_{II} = +0·123$.

48	38 9^9	50 25^5	59 36^8	12 5^3		
47	32^2	2^0	1^3	37^9	corr.	
46	53^3	39^0	26^0	10^7	—·207	
45	14^7	15^5	51^5	44^6		
$T=$		$32·61$	$32·5^6$	$32·58^4$	$35·37^7$	
$m=$		46·016	·023			
		·023	·029			
		·027	·005			
m med. =		·020	·022	46·021		

C. $9^h 30^m$; $U_I = -0·30$; $te = 17·05^0$; $Ba = 16^{mm}$.

2 16^5	14 13^9	23 46^1	35 51^7	45 13^8	57 31^3	
35^4	54^5	7^0	28^2	38^4	4^5	corr.
53^3	35^5	27^5	6^1	1^7	39^5	—·177
11^1	15^0	48^4	43^7	26^3	12^7	
	$34·3^7$	$31·0^1$	$34·5^0$	$33·0^7$	$33·23^7$	$33·06^0$
	46·128	·163	·193	·191		
	·142	·172	·192	·200		
	·138	·172	·201	·200		
	·134	·168	·194	·195	46·172	

B. $8^h 37^m$; $U_I = -0·27$.

74	20 58^7	30 57^7	42 36^7	52 28^3		
73	39^7	18^4	13^4	52^0	corr.	
72	19^1	40^1	50^8	16^4	—·147	
71	59^3	1^5	28^2	41^3		
$T=$		$34·6^4$	$33·3^2$	$33·98$	$33·83^3$	
$m=$		72·813	·819			
		·810	·823			
		·827	·824			
m med. =		·815	·821	$72·818^2$		

D. $10^h 29^m$; $U_I = -0·25$.

7 20^1	17 22^3	29 1^5	38 52^7	50 39^3		
0^0	43^1	39^0	15^7	12^7	corr.	
41^9	3^7	16^3	40^3	47^9	—·127	
21^7	25^2	53^7	4^0	21^7		
	$37·7^9$	$33·0^7$	$34·6^0$	$34·63$	$34·50^3$	
	72·844	·814	·789			
	·849	·804	·797			
	·838	·802	·80			
	·845	·809	·793	72·816		

a $A = 46·021$	32·373	$13·26963$	$5·55916^1$	
$C =$ ·172	33·000	$+ 165^1$	3100^5	
$46·096^5$	$32·716^5$	$13·28014$	$5·52809^9$	
$B = 72·818^2$	33·833	·3608	$+158^7$	
			-4^2	
$26·721^7$	33·270	$+0·07406 = \Delta d$		
$13·360^8$	—·465	= 1/179	$5·52964^1$	
	$32·805 = T_0$			

b. $B = 72·818^2$	33·833	13·26963	$5·55916^1$
$D =$ ·810	34·503	+2357	1222^6
72·817	34·168	13·29320	$5·54693^8$
$C = 46·172$	33·060	·3225	$+158^7$
			-4^2
26·645	33·614	$0·0293^0$	
$d = 13·322^5$	—·465	= 1/455	$5·54848^3$
	$33·149 = T_0$		

Diese Beobachtung leidet an einer Störung, sofern erstens nach der gestrigen Beobachtung aus Versehen die Massen nicht in die »0-Stellung« zurückgedreht wurden; und zweitens bei A und B nur vier Durchgänge beobachtet wurden. Doch ist jene Störung nicht sehr gross, wie sowohl die Natur der Curve A (Taf. II), als auch der Vergleich mit dem gestrigen Stand ergibt. Sie wird nahezu $0·18\,p$ betragen und naturgemäss während der heutigen Beobachtung allmählich stark abnehmen. Eine sorgfältige Discussion zeigte mir, dass der Effect der elastischen Nachwirkung bei a sehr nahe $= 29·3\,dm$ und bei $b = 19·0\,dm$ sein wird, während er bei normalen Beobachtungen $= 25·13\,dm$ ist (IV. *a.* 1.). Der Überschuss beträgt also bei $a = 4·13\,dm$, entsprechend einer Correction $= 2·32\,t$, bei $b = -6·13\,dm$ und Corr. $= -3·41\,t$. Die Curve gibt eine Ausbuchtung $= -0·052$ für a und $-0·091$ für b, folglich die Correctionen $-1064\,t$ und $-1900\,t$. Somit wird

$a = 5·52964^4$	$b = 5·54848^3$
+232	—341
—1064	—1900
$5·52132^4$	$5·52607^3$

Im Mittel $5·52369^8 = D$ correct.

Die Unsicherheit wegen dieser Störung wird höchstens 2 bis 3 t betragen, und die Beobachtung ist eigentlich eine doppelte, deshalb kann dem Mittel das Gewicht = 1 zugeschrieben werden.

V. *a.* 1892. 19. V. *A.* 7^{h}57^{m}; $U_{I} = -0·30$; $U_{II} = +0·12$.

47	29	49^3	41	8^2	51	14^2	2	42^6	12	42^6	24	14^2	
46		3^1		53^4		30^5		25^3		0^8		54^7	
45		17^3		38^4		46^7		7^7		19^1		34^9	corr.
44		31^2		23^4		2^0		51^0		38^6		14^9	−0·18
T =				28·1^2		30·8^4		32·0^9		28·0^5		29·77^5 29·59^5	
m =				45·783 ·780 ·779		·727 ·717 ·718		·723 ·719 ·720		·753 ·763 ·758		med.	
m med. =				·781		·722		·721		·757		45·745	
corr. =				·831		·779		·783		·823			

C. 10^{h}11^{m}; $U_{I} = -0·18$; $te = 16·48^{0}$ *C.*

44	15^0	55	32^1	5	41^7	17	6^2	27	9^5	38	41^9	
	31^3		14^5		0^0		46^9		30^9		18^8	
	47^7		57^0		18^5		26^5		52^7		55^7	corr.
	3^8		39^8		37^8		6^9		13^5		32^9	−0·06
		30·0^1		30·5^4		32·1^7		30·6^9		30·86 30·80		
		46·035 ·030 ·024		45·998 ·997 ·998		·964 ·976 ·974		·954 ·954 ·953				
		·033		·998		·970		·954		45·989		
		·067		·041		·020		·010				

B. 9^{h}6^{m}; $U_{I} = -0·26$; $Ba = 16^{mm}$.

74	39	34^3	49	36^1	1	5^6	11	7^7	22	39^1	32	37^7	
73		17^5		54^3		46^7		28^2		16^8		0^8	
72		1^0		11^3		27^7		49^3		55^1		23^8	corr.
71		44^5		30^0		7^9		9^7		32^9		48^7	−0·14
T =				30·3^3		33·4^9		31·7^4		30·6^1		31·54 31·40	
m =				72·775 ·778 ·758		·847 ·845 ·860		·927 ·920 ·940		·949 ·955 ·947			
m med. =				·773		·849		·927		·950		72·874	
corr. =				·772		·838		·907		·924*			

* Die Curve (Fig. 13, Taf. III) ist hier aus Versehen etwas ungenau, doch ohne merklichen Nachtheil für das Resultat.

A = 45·745	29·595	13·26963 (III. *b.* 15)	5·55916^4	Curvenausbucht. = +0·33*p*.
C = ·989	30·80	341^7	11034^9 = *D*: 50·4	corr. = +6898
45·867	30·197	13 2354^6	5·44881^5	5·45083^0
72·874	31·40	·5035	+158^7 = Σ	
			+42^8 = corr. *te*	5·51981 = *D* corr.
27·007	30·799	+0·26801 = Δ*d*		
d = 13·503^5	−·465	= 1/50·4	5·450830 = *D*	
	30·334			

Curve gut, aber Ausbuchtung sehr stark, deshalb das Gewicht = ½.

1894.

20. VII. *A.* 8^{h}17^{m}; $U_{I} = -0·574$; $U_{II} = -0·072$.

50	56	3^5	5	17^8	17	41^7	26	40^2	39	19^1		
49		41^0		41^9		15^6		12^3		50^8	corr.	
48		18^8		5^2		51^2		38^1		22^5	−·646	
47		56^1		28^1		26^3		4^0		55^4		
T =				33·7^7		31·8^3		33·4^2		32·71^2	32·06^6	
										med.,	correct.	
m =				48·000 ·006 ·986		·009 ·000 ·985		·024 ·009 ·999			corr. +·004^2	
m med. =				47·998		·998		·011		48·002	48·006	
corr. =				48·055		·060		·077				

C. 10^{h}17^{m}; $U_{I} = -0·574$; $te = 19·2^{0}$ *C.*

49	33^9	1	28^6	11	2^8	23	6^4	32	30^2	44	44^7		
	51^7		9^6		22^3		45^1		52^5		20^4	corr.	
	9^5		51^0		42^7		24^2		14^5		57^2	−·646	
	26^9		32^0		2^1		3^6		37^3		33^9		
		31·9^8		34·5^2		31·1^5		34·3^0		32·98^7		32·341	
		48·135 ·130 ·129		·127 ·117 ·118		·110 ·098 ·098		·094 ·088 ·081				corr. +·002^1	
		·131		·121		·102		·088		48·110		48,112	
		·166		·162		·152		·144					

B. 9^{h}14^{m}; $U_{I} = -0·574$; Stellung I; $Ba = 6·5^{mm}$; $m = 61·49$.

76	47	23^3	57	31^1	8	56^4	19	1^7	30	31^1	40	32^6	
75		9^2		45^9		41^3		18^5		13^4		51^5	corr.
74		55^0		1^3		25^0		35^7		55^8		10^1	−·646
73		40^8		16^1		9^4		52^7		37^9		29^1	
T =				30·9^5		33·4^7		31·5^1		33·7^4		32·41^7	31·771
m =				74·696 ·710 ·685		·720 ·739 ·710		·740 ·752 ·732		·765 ·767 ·760			corr. −·000^7
m med. =				·697		·720		·741		·764		74·730^5	74·730
corr. =				·696		·709		·721		·738			

A = 48·006^2	32·066	13·24841^5 = *d.* gener. (III. *b.* 16)	5·55910^1 = *D* provis.	Curvenausbucht. = +0·049*p*.
C — ·112^2	·341	−724 = corr. *v.* T_0 (III. *b.* 18)	−3919^6 = *D*: 141·8	corr. = +1023
48·059^4	32·203	13·24117^5 = *d.* norm.	5·51996^8	5·51984^1
B = 74·730	31·771	·3353 = *d.* obs.	+172^5 = Σ corr. (IV. *a.* fin)	5·53007^1 = *D* corr.
26·670^6	31·987	+0·09403 = Δ*d*	5·52169^3	
d = 13·335^3	−·340 (IV. *a.* fin)	= 1/141·8	−185^2 = corr. *v.* *te* (IV. *a.* fin)	
	31·647 = T^0		5·51984^1 = *D*	

1894. 21. VII. *A.* 7^h33^m; $U_1 = -0{\cdot}58$; $U_{11} = -0{\cdot}060$.

76	6 18^3	16 23^9	27 52^0	37 53^6	49 27^1	59 23^3		
75	3^8	40^0	35^4	11^0	8^6	43^0	corr.	
74	48^2	55^9	18^1	28^6	49^9	2^5	— ·640	
73	32^9	11^6	1^7	46^3	31^1	22^4		
$T=$		31·1^0	32·1^3	32·2^5	32·9^7	32·11^2	31·47^2	
						med.,	correct.	
$m=$		74·709	·708	·689	·685		corr.	
		·692	·710	·703	·697		— ·0008	
		·698	·700	·693	·694			
m med. $=$		·700	·706	·695	·692	74·698^3	74·697^5	
correct.		·649	·649	·633	·626			

C. 10^h41^m; $U_1 = -0{\cdot}66$; $te = 19{\cdot}30^0$. V. *a.*

	14 20^6	24 19^1	35 55^1	45 50^2	57 31^3	7 19^4		
	2^8	37^7	35^6	10^0	9^3	42^6	corr.	
	45^4	56^9	15^5	31^1	47^6	5^8	— ·720	
	27^3	15^7	56^0	52^7	25^6	29^0		
		31·3^6	33·9^0	32·6^5	33·0^6	32·74^3	32·02^3	
						med.,	correct.	
		74·701	·712	·708	·707	corr.		
		·700	·722	·723	·715	— ·001^3		
		·700	·724	·731	·720			
		·700	·719	·721	·714	74·713^5	74·712^2	
		·666	·676	·671	·657			

B. 8^h37^m; $U_1 = -0{\cdot}66$; $Ba = 5{\cdot}5^{mm}$; $m = 61{\cdot}42$; Stellung I.

50	9 27^9	21 11^8	30 57^0	42 50^7	52 25^4	4 25^7		
49	43^7	56^2	14^5	32^2	44^8	6^0	corr.	
48	58^3	40^7	30^2	14^6	2^4	46^9	— ·720	
47	13^5	24^4	47^0	57^2	22^1	26^1		
$T=$		31·2^7	35·5^2	31·6^0	32·5^9	32 74^5	32·02^5	
$m=$		48·120	·081	·053	·050		corr.	
		·126	·082	·049	·051		+ ·001^7	
		·118	·081	·049	·054			
m med. $=$		·121	·082	·050	·051	48·076^6	48·078^3	
corr. $=$		·122	·093	·070	·077			

A=74·697^5	31·472	13·24841^5	5·55916^1
C= ·712^2	32·023	—931^2	—3102^5
74·704^9	31·747	13·23910^3	5·52813^9
B=48·078^3	32·025	·31330	+172^5=Σ
26·626^6	31·886	+0·07420 =Δd	5·52980^4
d=13·313^3	—·340	=1/179^2	—194 =corr. te
	31·546=T_0		5·52792^4=D
			+1358 =corr. v. Curve
			5·54140^1=D corr.

Curvenausbucht. = +0·065.

Die Curve ist complicirt, (5 Inflexionen) deshalb die Correction weniger sicher, Gewicht=0·6.

23. VII. *A.* 8^h17^m; $U_1 = -0{\cdot}59$; $U_{11} = -0{\cdot}075$; $Ba = 5{\cdot}5^{mm}$.

75	50 44^8	0 8^5	12 21^3	21 36^2	33 59^5	43 3^2		
74	21^3	32^2	55^7	2^8	31^1	33^0	corr.	
73	(58^0)	56^0	31^2	29^0	4^0	2^1	— ·665	
72	(34^1)	19^7	6^2	55^3	36^3	31^8		
$T=$		33·7^4	31·4^5	33·7^7	31·7^8	32·08^5	32·02^0	
$m=$		73·234	·228	·218	·212	corr.		
		·231	·224	·221	·218	+ ·002^6		
		·237	·218	·206	·208	med.		
m med. $=$		·233	·223	·215	·212	73·220^9		
corr. $=$		·182	·160	·153	·147	·223^5	correct.	

C. 10^h28^m; $U_1 = -0{\cdot}02$; $te = 19{\cdot}63^0$.

	59 57^8	9 39^2	21 35^4	31 8^3	43 11^9	52 38^0		
	38^9	57^9	14^5	30^1	49^4	1^5	corr.	
	21^3	16^5	55^0	51^0	27^4	25^2	— ·695	
	3^4	35^9	35^3	11^8	5^0	48^6		
		34·4^6	33·0^7	33·3^3	32·7^8	33·41^1	32·71^6	
		73·224	·223	·233	·241			
		·225	·213	·222	·235	corr.		
		·220	·220	·230	·228	+ ·001^7		
		·223	·219	·228	·235	73·226^1		
		·188	·176	·178	·179	·227^8		

B. 9^h21^m; $U_1 = -0{\cdot}63$; $m = 60{\cdot}15$; Stellung I.

48	54 8^6	5 43^7	15 39^6	27 19^6	37 9^8	48 55^6		
47	26^2	25^2	59^2	59^3	31^1	33^0	corr.	
46	43^4	7^2	18^0	39^5	52^1	11^0	— ·705	
45	0^7	49^2	36^9	19^0	13^3	48^7		
$T=$		33·7^6	33·0^8	33·3^1	32·5^8	33·18^2	32·47^7	
$m=$		46·652	·654	·645	·640			
		·637	·640	·635	·642	corr.		
		·641	·641	·639	·644	— ·001^0		
m med. $=$		·643	·645	·640	·642	46·642^6		
corr. $=$		·644	·656	·659	·668	·641^6		

A=73·223^5	32·020	13·24841^3 (III. *b.* 16)	5·55916^4
C= ·227^8	·710	+168^2=corr. v. T^0	1754^6=D : 317
73·225^7	32·368	13·25009^7=d. norm.	5·54161^8
B=46·641^6	·477	·29205 =d. obs.	+172^5=Σ
26·584^1	32·422	0·04195^3=Δd	5·54334^3
d=13·292	—·340	=1/317	—221^2=corr. v. te
	32·082=T^0		5·54113^1=D

Curve, Ausbucht.=0·032p.

corr.= —6097

5·54113^1

5·53443^1=D corr.

V. *a.* 1894. 15. VIII. *A.* $8^h 11^m$; $U_I = -0{\cdot}62$; $U_{II} = -0{\cdot}065$.

74	45 7^0	55 5^2	6 41^0	16 34^4	28 15^7	38 2^3	
73	47^6	25^3	19^2	50^8	51^9	26^1	corr.
72	28^0	45^9	57^8	18^4	27^6	51^5	−·685
71	7^6	6^7	36^3	41^6	3^6	15^7	
$T=$		$32{\cdot}0^1$	$31{\cdot}1^2$	$32{\cdot}1^3$	$29{\cdot}9^6$	$31{\cdot}30^1$	$30{\cdot}61^9$
						med., correct.	
$m=$		72·803	·808	·791	·783		
		·819	·811	·815	·789	corr.	
		·816	·812	·795	·782	$-{\cdot}001^6$	
		·813	·810	·800	·785	$72{\cdot}802^0$	
m corr. =		·761	·753	·738	·719	$72{\cdot}800^1$	

C. $10^h 32^m$; $U_I = -0{\cdot}60$; $te = 18{\cdot}6^0$; $Ba = 3{\cdot}6^{mm}$.

5 23^7	16 46^1	26 54^7	38 19^5	48 24^6	59 53^7		
38^2	31^5	10^1	3^2	42^0	35^8	corr.	
52^1	16^3	25^7	47^0	59^2	17^7	−·665	
6^8	1^6	42^0	30^6	16^3	59^6		
	$32{\cdot}2^1$	$31{\cdot}8^8$	$31{\cdot}5^9$	$32{\cdot}2^6$	$31{\cdot}99^5$	$31{\cdot}33^0$	
	72·754	·768	·779	·780			
	·759	·760	·780	·780	corr.		
	·758	·761	·784	·779	$-{\cdot}000^8$		
	·757	·764	·780	·780	$72{\cdot}771^0$		
	·722	·721	·730	·724	$\cdot770^2$		

B. $9^h 13^m$; $U_I = -0{\cdot}60$; $m = 60{\cdot}63$; Stellung III.

48	45 50^9	57 29^8	7 18^8	19 5^0	28 47^8	40 40^2	
47	5^0	14^5	35^0	48^3	5^1	21^6	corr.
46	18^8	0^2	50^2	32^5	21^2	4^6	−·665
45	33^0	45^4	5^4	15^5	38^7	46^7	
$T=$	$30{\cdot}2^9$	$32{\cdot}7^2$	$31{\cdot}0^9$	$33{\cdot}0^6$	31·79	$31{\cdot}12^5$	
$m=$	46·149	·128	·112	·092			
	·142	·121	·116	·102	corr.		
	·143	·121	·117	·104	$-{\cdot}001^2$		
	·145	·123	·115	·099	$46{\cdot}120^5$		
m corr. =	·146	·134	·134	·126	$\cdot119^3$		

$A = 72{\cdot}800^1$ 30·619	13·23901 (III. *b.* 20)	$5{\cdot}55910^1$	Curve, Ausbucht. = 0·094 *p*.
$C =$ $\cdot770^2$ 31·330	2592^5 = corr. *v.* T_0	$4999^9 = D$: 111 2	
$72{\cdot}785^3$ 30·975	$13{\cdot}21308^5 = d$- norm.	$5{\cdot}50916^2$	corr. = +1963
$B = 46{\cdot}119^3$ 31·125	·3330 = *d.* obs.	$178^4 = \Sigma$ corr. (IV. *a.* 15)	$5{\cdot}50959^9$
$26{\cdot}666^0$ 31·050	$+0{\cdot}11991^5 = \Delta d$	−135 = corr. *te*	$5{\cdot}52922^9 = D$ corr.
$d = 13{\cdot}333^0$ −·314 (IV. *a.* fin)	= 1 : 111·2	$5{\cdot}50959^9 = D$	
$30{\cdot}736 = T_0$			

16. VIII. *A.* $7^h 51^m$; $U_I = -0{\cdot}44$; $U_{II} = -0{\cdot}063$.

48	23 23^5	35 9^3	44 52^0	56 43^5	6 20^0	18 17^9	
47	40^1	52^1	9^4	24^3	40^1	57^3	corr.
46	55^9	35^3	26^6	5^9	59^1	37^7	−·503
43	11^7	17^9	45^1	47^6	18^6	16^8	
$T=$		$30{\cdot}4^7$	$31{\cdot}6^6$	$31{\cdot}5^8$	$32{\cdot}1^0$	$31{\cdot}45^3$	$30{\cdot}95^0$
$m=$		46·191	·185	·190	·194		
		·189	·190	·188	·188		
		·179	·181	·190	·188	med.	
m med. =		·187	·185	·189	·190	$46{\cdot}187^5$	
corr. =		·238	·242	·252	·256		

C. $9^h 59^m$; $U_I = -0{\cdot}10$; $te = 18{\cdot}5^0$; $Ba = 3{\cdot}6^{mm}$.

31 8^5	43 3^2	52 36^1	4 38^2	14 4^3	26 12^6	
27^5	43^0	57^0	16^5	27^2	49^1	
46^0	23^5	16^9	54^8	49^3	25^7	
5^1	3^9	37^7	32^7	11^6	1^9	
	$30{\cdot}0^8$	$32{\cdot}1^6$	$31{\cdot}2^4$	$31{\cdot}8^6$	$31{\cdot}33^5$	$31{\cdot}17^2$
	46·210	·201	·198	·202		
	·207	·201	·203	·202		
	·206	·201	·205	·196	med.	
	·208	·201	·202	·200	$46{\cdot}203^0$	
	·242	·244	·251	·256		

B. $8^h 56^m$; $U_I = -0{\cdot}24$; $m = 59{\cdot}08$; Stellung III.

74	29 27^1	39 17^7	51 2^2	0 47^1	12 37^6	22 16^8	corr.
73	4^9	41^7	37^2	12^9	10^2	45^6	−·303
72	42^2	6^9	11^9	38^9	42^6	14^2	−·032
71	18^9	30^5	47^1	6^3	14^6	43^9	
$T=$	$33{\cdot}6^8$	$29{\cdot}7^9$	$33{\cdot}9^4$	$31{\cdot}2^6$	$32{\cdot}11^2$	$31{\cdot}77^7$	
$m=$	72·810	·808	·796	·801			
	·815	·809	·809	·817			
	·807	·799	·794	·804	med.		
m med. =	·811	·805	·800	·807	$72{\cdot}805^7$		
corr. =	·810	·794	·780	·781			

$A = 46{\cdot}187^8$ 30·950	13·23901	$5{\cdot}55916^4$	Curve, Ausbucht. = 0·012 *p*
$C =$ $\cdot203^0$ 31·172	-1835^6	$-3528^7 = D$: 157·5	
$46{\cdot}195^5$ 31·061	$13{\cdot}22065^1 = d.$ norm.	$5{\cdot}52387^7$	corr. = $+2502^2$
$B = 72{\cdot}805^7$ ·777	·30511 = *d.* obs.	$+178^4 = \Sigma$	$5{\cdot}52439^6$
$26{\cdot}610^2$ 31·419	$8446 = \Delta d$	-126^5 = corr. *te*	$5{\cdot}52689^8 = D$ corr.
$13\ 305^1$ −314	= 1 157·5	$5{\cdot}52439^6 = D$	
$31{\cdot}105 = T_0$			

1894. 14. IX. *A.* 7^{h}55^{m}; U_1 = +1·23; U_{11} = +0·053.

47	27 41^{6}	39 11^{7}	49 7^{1}	0 42^{6}	10 33^{2}	22 12^{9}	
40	57^{3}	55^{6}	24^{3}	23^{7}	52^{3}	53^{1}	corr.
45	13^{2}	38^{4}	42^{7}	5^{2}	11^{1}	32^{9}	+1·283
44	29^{6}	21^{1}	0^{1}	46^{8}	30^{8}	12^{5}	
T =		28·1^{2}	27·8^{0}	28·4^{2}	28·3^{5}	28·17^{2}	29·45^{5}
						med.,	correct.
m =		45·570	·578	·589	·582		
		·590	·583	·583	·585		corr.
		·567	·579	·585	·580	med.	— 0003^{8}
m med. =		·576	·580	·586	·582	45·581	45·580^{6}
corr. =		·627	·637	·648	·648		

C. 10^{h}2^{m}; U_1 = +1·30; *te* = 15·0^{0} *C*; *m* = 59·26. V. *a.*

34 17^{4}	45 41^{4}	55 45^{4}	7 11^{0}	17 11^{9}	28 42^{5}	
31^{4}	26^{9}	0^{8}	56^{1}	28^{3}	25^{1}	corr.
45^{1}	12^{3}	15^{1}	40^{0}	45^{0}	7^{8}	+1·353
59^{2}	58^{0}	30^{8}	24^{3}	1^{5}	50^{7}	
	29·7^{5}	28·2^{0}	28·5^{7}	28·6^{7}	28·79^{7}	30·15^{0}
					med.,	correct.
	45·627	·644	·637	·639		corr.
	·620	·636	·651	·635		— ·0004
	·615	·634	·636	·630	med.	
	·621	·638	·641	·635	45·643^{7}	45·643^{3}
	·655	·681	·691	·691		

B. 8^{h}59^{m}; U_1 = +1·28; *Ba* = 3·0^{mm}; Stellung I.

74	32 55^{8}	42 22^{4}	54 28^{1}	3 47^{1}	16 3^{1}	25 13^{1}	
73	35^{3}	43^{7}	6^{3}	11^{0}	38^{5}	39^{3}	corr.
72	14^{5}	5^{5}	44^{3}	34^{5}	13^{5}	5^{6}	+1·333
71	53^{9}	26^{7}	21^{1}	58^{1}	49^{0}	31^{5}	
T =		30·2^{2}	28·1^{2}	30·9^{2}	29·7^{0}	29·74^{2}	31·07^{5}
m =		72·141	·128	·120	·131		corr.
		·144	·137	·121	·125		+·004^{0}
		·133	·120	·111	·123	med.	
m med. =		·139	·128	·117	·126	72·127^{7}	72·131^{7}
corr. =		·138	·117	·098	·100		

A = 45·5806	29·455	13·24841^{5} (III. *b.* 16)	5·55916^{1}	Curve, Ausbucht. = 0·081 *p.*
C = ·6433	30·150	3807^{9}	2076^{7}	
45·6119^{5}	29·802^{5}	13·21033^{6} = *d.* norm.	5·53839^{7}	corr. = —1692
B = 72·1317	31·075	·25987 = *d.* obs.	+175 = Σ	5·54183^{7}
26·5197	30·438^{7}	+0·04953 = Δ*d*	+169 = corr. *te*	5·52491^{7} = *D* corr.
13·2598^{7}	—·295^{3}	= 1 267^{7}	5·54183^{7} = *D*	
	30·143^{1}			

15. IX. *A.* 7^{h}58^{m}; U_1 = +1·20; U_{11} = +0·022; *Ba* = 3·0^{mm}.

74	31 39^{7}	41 21^{8}	53 12^{0}	2 47^{6}	14 45^{3}	24 14^{7}	
73	21^{9}	39^{8}	53^{7}	7^{5}	24^{1}	36^{3}	corr.
72	5^{2}	57^{8}	35^{1}	26^{7}	3^{8}	57^{9}	+1·222
71	47^{8}	15^{3}	16^{9}	40^{8}	43^{6}	18^{3}	
T =		30·7^{4}	28·4^{1}	29·8^{4}	29·8^{2}	29·71^{7}	30·93^{9}
m =		72·217	·194	·187	·207		corr.
		·205	·191	·190	·200		+·001^{6}
		·217	·191	·190	·207		
m med. =		·213	·192	·189	·205	72·200	72·201^{4}
corr. =		·161	·134	·127	·139		

C. 10^{h}6^{m}; U_1 = +1·42; *te* = 14·93^{0}.

39 22^{3}	49 4^{2}	0 55^{3}	10 32^{1}	22 27^{7}	31 58^{9}	
5^{1}	21^{1}	36^{9}	51^{3}	8^{0}	20^{5}	corr.
48^{6}	39^{3}	17^{6}	10^{4}	48^{0}	41^{6}	+1·442
31^{3}	57^{3}	59^{9}	30^{3}	27^{0}	2^{6}	
	30·4^{9}	30·2^{7}	30·5^{8}	29·8^{0}	30·28^{5}	31·72^{7}
	72·174	·192	·196	·200		corr.
	·190	·189	·212	·222		+·0010
	·170	·182	·198	·197		
	·178	·188	·202	·207	72·194	72·195^{4}
	·144	·145	·152	·151		

B. 9^{h}1^{m}; U_1 = +1·30; *m* = 59·30; Stellung I.

47	33 34^{0}	45 11^{5}	54 57^{5}	6 43^{4}	16 22^{5}	28 14^{4}	
46	53^{5}	51^{2}	18^{7}	21^{7}	46^{6}	49^{9}	corr.
45	13^{1}	29^{6}	41^{4}	57^{0}	10^{8}	24^{3}	+1·322
44	32^{9}	8^{6}	2^{6}	34^{1}	34^{4}	59^{1}	
T =		26·6^{1}	28·5^{9}	28·5^{5}	27·9^{2}	27·91^{8}	29·24^{0}
m =		45·652	·632	·629	·613		corr.
		·662	·631	·621	·620		—·0010
		·649	·629	·626	·618		
m med. =		·654	·631	·625	·617	45·632	45·631
corr. =		·655	·642	·645	·643		

A = 72·201^{4}	30·939	13·24841^{5}	5·55916^{1}	Curve, Ausbucht. ca. +0·003 *p.*
C = ·195^{4}	31·727	—4120 = corr. *v.* T_0	—3205	
72·198^{4}	31·333	13·20721^{5} = *d.* norm.	5·52711^{1}	corr. = +6^{3}
B = 45·630^{8}	29·240	·28380 = *d.* obs.	+175^{0} = Σ corr.	5·53060^{4}
26·567^{6}	30·286^{5}	+0 07058^{5} = Δ*d*	+174 = corr. *te*	5·53066^{7} = *D* corr.
13·2838^{0}	—·295^{3}	= 1/173·5	5·53060^{1} = *D*	
	29·991^{2} = T_0			

V. *a*. 1894. 19. IX. *A*. 7^{h}50^{m}; $U_{I}=+1·20$; $U_{II}=+0·024^{5}$.

74	23 25^{3}	33 21^{4}	44 57^{6}	54 48^{3}	0 29^{0}	16 15^{1}	
73	8^{8}	39^{2}	39^{9}	6^{5}	9^{0}	36^{2}	corr.
72	52^{7}	56^{3}	21^{4}	25^{4}	49^{9}	57^{0}	+1·224
71	35^{9}	13^{4}	3^{1}	45^{1}	29^{5}	17^{5}	
T =		29·1^{2}	29·6^{7}	27·8^{9}	31·0^{6}	29·36^{0}	30·58^{1}
m =		72·554	·543	·545	·548	med.,	correct.
		·553	·547	·550	·557	corr.	
		·565	·547	·542	·557	0·0	
m med. =		·557	·546	·546	·554	72·550^{7}	
corr. =		·506	·488	·483	·488		

C. 9^{h}56^{m}; $U_{I}=+1·20$; $Ba=3·0^{mm}$; $te=15·50^{0}$.

30 3^{0}	39 57^{2}	51 36^{1}	1 25^{1}	13 8^{8}	22 53^{8}	
40^{5}	14^{5}	17^{5}	44^{7}	48^{8}	14^{5}	corr.
29^{6}	33^{0}	59^{1}	4^{2}	28^{1}	36^{0}	+1·224
11^{8}	51^{2}	40^{7}	23^{6}	7^{1}	57^{8}	
	29·7^{2}	31·3^{6}	29·1^{5}	32·0^{2}	30·56^{2}	31·78^{6}
	72·518	·524	·528	·546	med.,	correct.
	·527	·523	·530	·544	corr.	
	·527	·527	·526	·531	—·0001^{5}	
	·524	·524	·528	·541	72·526^{7}	72·526^{6}
	·490	·481	·478	·485		

B. 8^{h}52^{m}; $U_{I}=+1·20$; Stellung III.

48	24 42^{0}	36 37^{6}	46 7^{3}	58 10^{2}	7 32^{5}	19 43^{5}	
47	59^{0}	18^{9}	26^{3}	50^{2}	53^{3}	21^{9}	corr.
46	16^{0}	1^{7}	45^{0}	30^{4}	13^{8}	0^{1}	+1·224
45	33^{3}	43^{9}	3^{7}	10^{4}	34^{8}	38^{6}	
T =		28·6^{7}	28·8^{1}	29·1^{8}	29·6^{0}	29·07^{1}	30·29^{8}
m =		45·966	·972	·976	·967		
		·983	·978	·975	·969		corr.
		·975	·973	·976	·967		—·0026^{5}
m med. =		·975	·974	·976	·968	45·973^{1}	45·970^{5}
corr. =		·976	·985	·995	·994		

A = 72·5507	30·584	13·23901 (III. *b*. 26)	5·55916^{1}	Curve, Ausbucht. = 0·0313*p*.
C = ·5266	31·786	—3226^{2}	—3235^{8}	
72·5386^{5}	31·185	13·20674^{8} = *d*. norm.	5·52680^{6}	corr. = —6563
B = 45·9705	30·298	·28407 = *d*. obs.	+176^{9} = Σ (IV. *a*. fin)	5·52983^{9}
26·5681^{5}	30·741^{5}	+0·07732 = Δ*d*	+126^{1} = corr. *te*	5·52327^{6} = *D* corr.
d = 13·2840^{7}	·314^{5}	= 1/171·8	5·52983^{9} = *D*	
	30·427^{0} = T_{0}			

20. IX. *A*. 7^{h}58^{m}; $U_{I}=+1·24$; $U_{II}=+0·022$.

48	30 26^{1}	42 9^{9}	51 52^{7}	3 42^{7}	13 19^{3}	25 15^{8}	
47	42^{3}	53^{7}	10^{0}	24^{3}	38^{3}	56^{0}	corr.
46	57^{1}	37^{4}	27^{0}	6^{5}	57^{0}	36^{2}	+1·262
45	12^{6}	20^{5}	44^{3}	48^{8}	15^{8}	16^{1}	
T =		30·0^{4}	29·3^{6}	29·9^{7}	29·3^{3}	29·67^{5}	30·93^{7}
m =		46·148	·148	·154	·150		
		·156	·152	·147	·148		corr.
		·158	·157	·153	·149		+·0014^{7}
m med. =		·154	·152	·151	·149	46·151^{6}	46·153^{1}
corr. =		·205	·210	·214	·215		

C. 10^{h}4^{m}; $Ba=2·5^{mm}$; $te=15·56^{0}$; $U_{I}=+1·24$.

36 34^{1}	48 20^{0}	58 1^{0}	9 52^{2}	19 26^{1}	31 23^{8}	
51^{1}	3^{0}	18^{4}	33^{4}	46^{2}	3^{1}	corr.
6^{6}	40^{6}	35^{8}	14^{9}	4^{7}	43^{9}	+1·262
22^{1}	29^{6}	53^{1}	57^{2}	23^{5}	22^{9}	
	29·0^{4}	28·8^{1}	29·1^{4}	28·3^{2}	28·83^{5}	30·09^{7}
	46·139	·144	·146	·143		
	·140	·136	·129	·133		corr.
	·141	·139	·142	·146		+·0016^{6}
	·140	·140	·139	·141	46·137^{1}	46·139^{1}
	·175	·183	·189	·196		

B. 9^{h}1^{m}; $U_{I}=+1·24$; $m=59·07$; Stellung III.

74	34 54^{1}	44 51^{5}	56 25^{6}	6 19^{7}	17 57^{4}	27 46^{2}	
73	36^{2}	10^{1}	6^{1}	40^{6}	35^{9}	8^{7}	corr.
72	17^{8}	29^{0}	46^{5}	0^{5}	14^{5}	31^{0}	+1·262
71	0^{1}	47^{8}	26^{7}	20^{8}	53^{3}	53^{7}	
T =		29·9^{0}	30·0^{0}	29·9^{1}	28·3^{9}	29·55^{6}	30·81^{8}
m =		72·709	·725	·740	·733		
		·705	·723	·731	·730		corr.
		·706	·723	·740	·728		—·0013^{3}
m med. =		·707	·724	·737	·731	72·724^{7}	72·723^{4}
corr. =		·706	·713	·717	·705		

A = 46·1531	30·937	13·23901	5·55916^{4}	Curve, Ausbucht. = 0·009*p*.
C = ·1391	·097	—3378	—3489^{8}	
46·1461	30·517	13·20523 = *d*. norm.	5·52426^{6}	corr. = —188
B = 72·7234	·818	·28865 = *d*. obs.	+176^{9} = Σ corr.	5·52724^{5}
26·5773	30·667^{5}	0·08342 = Δ*d*	+121 = corr. *v*. *te*	5·52536^{5} = *D* corr.
d = 13·2886^{5}	·314^{5}	= 1/159·3	5·52724^{5} = *D*	
	30·353^{0} = T_{0}			

Aus diesen Resultaten würde folgen: 1892 $D=5·53116^{0}$; 1894 $D=5·52903^{5}$. Allein ganz nachträglich wurden noch einige kleine Fehler bemerkt; nämlich 1. die Zahlen S. 31 [215] Z. 30 sind nicht genau, weil ihre Intervalle T_{0} sein sollten, nicht T_{1}; 2. für die elastische Nachwirkung wurde eine constante Einwirkung vorausgesetzt, und nicht Rücksicht genommen auf die in Folge der Schwingungen eintretende periodische Variabilität derselben; 3. bei der Summation IV. *a*. 15 geschah ein sehr kleines Versehen um 0·0033 *dm*; 4. bei den Correctionen für »m. med.« kamen mehrere Ungenauigkeiten vor. Diese Fehler wurden berichtigt, die letzteren Correctionen auch sämmtlich neu berechnet. Die verbesserte Correction für die elastische Nachwirkung wurde angenähert $= +24\cdot889$ *dm* gefunden, statt $25\cdot128$ *dm*. Nach diesen Berichtigungen kamen die genaueren Werthe: V. *a*.

1892 7. 4.	$D = 5\cdot53137^{9}$	Gewicht 1		1894 20. 7.	Stell. I	$D = 5\cdot52929^{8}$	Gewicht 1
8.	5031^{7}	1/4		21.	I	4109^{5}	0·6
10.	1150^{6}	1/4		23.	I	3427^{9}	1
11.	2624^{8}	1		15. 8.	III	2985^{6}	1
12.	3755^{5}	0·8		16.	III	2774^{8}	1
13. 4.	2334^{0}	1		14. 9.	I	2390^{5}	1
13. 5.	5105^{3}	1/4		15.	I	3053^{3}	1
14.	3529^{2}	1		19.	III	2285^{8}	1
16.	4346^{2}	1		20.	III	2558^{4}	1
17.	2399^{8}	1					
19.	1972^{7}	1/2					

Die richtigeren Mittelwerthe sind also:

a. 1892 $D_a = 5\cdot53128^{5} \pm 0\cdot00293$; a. 1894 $D_a = 5\cdot52892^{1} \pm 0\cdot00164$ (m. F.).

1894 Stell. I. $D_a = 5\cdot53101^{6} \pm 0\cdot00260$; Stell. III. $D_a = 5\cdot52651^{1} \pm 0\cdot00180$ (m. F.).

b) Oscillationsbeobachtungen und Resultate.

Für jede der folgenden Beobachtungen ist in Zeile 1 die Zeit der Mitte derselben und die mittlere Maximal-Elongation (E) angegeben, ebenso der Gang der Regulatoruhr (U_{II}), der Luftdruck (Ba) und die Temperatur unter der Glocke, und die Mittellage (m) des Armes, resp. des mittleren Indexkreuzes gerade vor der Beobachtung. Die folgenden drei Zeilen geben die beobachteten Antrittszeiten des Indexkreuzes an den nebenstehenden Scalenstrichen. Dieselben sind einfach dem Beobachtungsjournal entnommen, jedoch mit Weglassung der Minuten (cf. sup. III. *a*.) und mit sorgfältiger Reduction der Ankeruhrzeit auf Regulatoruhr-Zeit (cf. ibid. fin.). — Aus diesen Beobachtungsnotizen ergeben sich die Schwingungszeiten T in der Weise wie es früher (l. c.) ausführlich erklärt wurde, und auch hier bei den zwei ersten Beobachtungssätzen angedeutet wird. Doch ist zu bemerken, dass die eigentlich entscheidenden Rechnungen auf weit mehr Antritte als drei sich stützen, meist fünf oder sieben. Diese genaueren T sind auch hier angegeben als »*M. v.* 5« oder »*M. v.* 7«. Auch bei anderen Zahlen wurde bisweilen die genauere Hauptrechnung berücksichtigt, weil damit eine grössere Genauigkeit erreicht wird, als mit den wenigen hier angeführten Beobachtungsangaben. Indess sind solche kleine Differenzen nur geringe und nicht häufig.

Nach den Mittelwerthen für T ist noch eine Zeile notirt, in welcher jene »ausgeglichen« sind, d. h. von der systematischen Differenz corrigirt, welche die Durchgänge 2, 4, 6... gegenüber den 3, 5... haben. Bei allen diesen T ist die zugehörige Minute leicht zu suppliren, nämlich 20^{m} zu T_{I} und 21^{m} zu T_{II} und T_{0}. — Die Genauigkeit, bis zu welcher die Secunden angegeben sind (bis 0·001 und 0·0001 Secunde) könnte illusorisch scheinen. Doch glaubte ich sie einhalten zu sollen, 1. weil daraus keinerlei Nachtheil erwächst, und 2. weil doch die auf so viele Zahlen sich stützenden Mittelwerthe im Durchschnitt eine solche Genauigkeit besitzen, dass auch so kleine Bruchtheile nicht principiell vernachlässigt werden dürften.

Die ausgeglichenen T waren ursprünglich für den Zweck bestimmt, um sie in Curven aufzutragen, und damit den Verlauf der T so zu corrigiren, wie es für die Deflexionsbeobachtungen mit gutem Erfolg durchgeführt wurde. Doch zeigte sich bald, dass hier nur selten eine gute Curve erreicht wurde, indem die Genauigkeit der Beobachtungen für diesen Zweck bei der Oscillationsmethode nicht ausreicht, oder die zufälligen Störungen die Absicht vereiteln (cf. Taf. III, Fig. 12). Die Zahlen können indess den Nutzen

V. *b.* bieten, dass solche Beobachtungen, bei denen besonders starke Störungen vorkommen, und denen deshalb ein geringeres Gewicht gebührt, erkannt werden können. Die Correction für T wegen der sinusoidalen Bewegung (cf. III. *a*) wurde ähnlich wie oben (V. *a.* Einleitung) bestimmt.

1892.

1892. 21. IV. *A.* 7^h46^m; $E=41\cdot6$; $Ba=16^{mm}$.

63	6·4^{8}	9·6^{2}	58·9^{1}	58·6^{6}	51·4^{2}
60	53·8^{8}	22·8^{3}	44·6^{4}	14·3^{6}	35·6^{0}
57	41·2^{8}	36·2^{1}	30·5^{1}	29·4^{6}	18·8^{0}

63	52·4^{6}	49·0^{1}	52·4^{8}	corr.
60	50·7^{6}	51·5^{3}	50·9^{6}	−0·00
57	49·2^{6}	53·2^{5}	48·2^{6}	
T. M. v. 3.	50·8^{3}	51·2^{6}	50·5^{7}	50·98^{1}
7.	50·7^{3}	51·3^{7}	50·5^{9}	51·01^{5}
ausgeglichen	51·0^{7}	51·0^{1}	50·9^{6}	

B. 9^h0^m; $E=44\cdot2$; $te=14\cdot7^0$; $m=00\cdot40$.

58·0^{7}	20·9^{0}	38·1^{0}	56·8^{1}	18·1^{4}	33·2^{2}	57·6^{7}
47·2^{5}	32·6^{2}	25·9^{7}	10·2^{9}	3·4^{1}	48·3^{6}	41·3^{9}
36·7^{5}	44·4^{0}	13·0^{5}	23·8^{1}	48·8^{1}	3·6^{0}	24·7^{7}

40·0^{3}	35·9^{1}	40·0^{4}	36·4^{4}	39·5^{3}	corr.
38·7^{2}	37·6^{7}	37·4^{7}	38·0^{7}	36·9^{5}	−0·06
36·3^{0}	39·4^{1}	35·7^{9}	39·7^{9}	35·9^{3}	
38·35^{0}	37·66^{3}	37·76^{7}	38·09^{0}	37·47^{3}	37·89^{5}
38·4^{0}	37·4^{8}	37·6^{7}	38·2^{2}	37·7^{5}	
38·3^{6}	37·5^{2}	37·6^{5}	38·2^{6}	37·7^{1}	

C. 10^h9^m; $E=33\cdot5$; $U_{11}=-3\cdot3^5$ (für 24 Stunden).

63	24·4^{5}	17·4^{2}	14·8^{0}	11·0^{9}	5·0^{7}	4·9^{8}
60	39·1^{5}	1·5^{4}	31·8^{0}	52·7^{7}	24·4^{7}	44·1^{5}
57	54·0^{5}	45·3^{2}	48·8^{0}	34·2^{7}	44·0^{7}	23·6^{5}

63	50·3^{5}	53·6^{7}	50·2^{7}	53·8^{6}	
60	52·6^{5}	51·2^{3}	52·6^{7}	51·3^{8}	corr.
57	54·7^{5}	48·9^{5}	55·2^{7}	49·3^{8}	−0·00
T. M. v. 3.	52·5^{8}	51·2^{8}	52·7^{1}	51·5^{4}	52·03^{6}
7.	52·5^{8}	51·2^{0}	52·84^{5}	51·4^{8}	52·02^{6}
ausgeglichen	51·7^{7}	51·8^{6}	52·1^{3}	52·2^{4}	

T. $A=51\cdot015$ $C=52\cdot026$ $B=37\cdot895$
$U_{11}=-\cdot047$ $\cdot047$ $\cdot049$
Red. $=-\cdot760$ $\cdot492$ $\cdot569$ (IV. *b.* 2)
$\underbrace{50\cdot208 \quad 51\cdot487}_{50\cdot847^5}$ $37\cdot277$
Lock. $=-\cdot100$ (IV. *b.* 3)
$37\cdot177$
ΔT obs. $=46\cdot329^5$
$\Delta\Delta T=+0\cdot290^8=1/159\cdot3$ (von $46\cdot329^5$)

$4\cdot679 \;=0\cdot101\;\Delta T$ (III. *c.* 34)
$37\cdot277 \;=T_{,,}$
$32\cdot598 \;=T_0$
$+\cdot0622=$ corr. *v.* T_0 (III. c. 33)
$45\cdot9765=\Delta T$ gener. ibid.
$46\cdot0387=\Delta T$ norm.

$5\cdot55916^4=D$ praelim.
$3489^3=D:159^3$
$5\cdot52427^1$
$-\;1295^0=\Sigma$ corr. (IV. *b.* 12)
$5\cdot51132^1$
$+\;207^6=$ corr. *v.* te
$5\cdot51339^7=D.$

22. IV. *A.* 7^h48^m; $E=41\cdot0$; $Ba=16^{mm}$.

63	49·8^{0}	44·6^{7}	42·5^{6}	33·6^{5}	36·1^{3}
60	37·0^{0}	58·2^{2}	28·5^{6}	48·8^{5}	19·9^{3}
57	24·6^{0}	11·9^{2}	14·2^{1}	4·8^{0}	3·5^{3}

63	52·7^{5}	48·9^{8}	53·5^{6}	
60	51·5^{6}	50·6^{3}	51·3^{7}	
57	49·6^{1}	52·8^{8}	49·3^{2}	
T. M. v. 3.	51·3^{1}	50·8^{3}	51·4^{2}	51·10
5.	51·28^{0}	50·76^{8}	51·47^{0}	51·07^{1}
ausgeglichen	51·0^{0}	51·0^{7}	51·1^{5}	

B. 8^h8^m; $E=46\cdot9$; $te=14\cdot6^0$.

38·7^{5}	3·3^{0}	14·1^{5}	43·1^{2}	48·8^{5}	23·2^{5}
50·7^{0}	50·1^{0}	27·7^{7}	28·3^{2}	5·0^{0}	6·4^{5}
3·0^{5}	37·3^{0}	40·9^{5}	13·3^{7}	20·6^{2}	49·3^{5}

35·4^{0}	39·8^{1}	34·7^{0}	40·1^{2}	
37·0^{7}	38·2^{2}	37·2^{3}	38·1^{3}	
37·8^{9}	36·0^{7}	39·6^{6}	35·9^{8}	
36·7^{9}	38·0^{3}	37·2^{0}	38·0^{8}	
36·76^{1}	37·93^{2}	37·07^{1}	38·11^{2}	37·47^{0}
37·2^{6}	37·4^{0}	37·64^{5}	37·5^{0}	

C. 10^h26^m; $E=44\cdot0$; $U_{11}=-3\cdot6^5$; $m=59\cdot52$.

63	45·2^{7}	44·6^{6}	38·6^{2}	35·1^{2}	32·9^{3}	25·1^{3}	26·9^{8}
60	34·1^{7}	57·2^{1}	26·3^{0}	48·5^{2}	18·1^{3}	40·4^{3}	10·1^{8}
57	23·0^{2}	8·7^{1}	13·3^{2}	2·6^{2}	3·6^{3}	56·2^{3}	53·2^{3}

63	53·3^{4}	50·4^{6}	54·3^{0}	50·0^{1}	54·0^{4}	
60	52·1^{3}	51·3^{1}	51·8^{3}	51·9^{1}	52·0^{5}	
57	50·3^{0}	53·9^{0}	50·3^{1}	53·6^{0}	49·6^{0}	
T. M. v. 3.	51·9^{2}	51·8^{9}	52·1^{5}	51·8^{4}	51·9^{0}	
5.	51·96^{6}	51·96^{0}	52·02^{4}	51·70^{6}	51·65^{0}	51·87^{1}
ausgeglichen	51·9^{6}	51·9^{7}	52·0^{2}	51·7^{7}	51·6^{5}	

$A=51\cdot071$ $C=51\cdot874$ $B=37\cdot470$
$U_{11}=-\cdot052$ $\cdot052$ 054
Red. $=-\cdot739$ $\cdot850$ $\cdot642$ (IV. *b.* 2)
$\underbrace{50\cdot280 \quad 50\cdot972}_{50\cdot626}$ $36\cdot774$
Lock. $=-\cdot067$ (IV. *b.* 3)
$36\cdot707$
ΔT obs. $=46\cdot081$
$\Delta\Delta T=+0\cdot092^2=1/499^8$

$4\cdot656 \;=0\cdot101\;\Delta T$ (III. *c.* 34)
$36\cdot774 \;=T_{,,}$
$32\cdot118 \;=T_0$
$+\cdot0123=$ corr. *v.* T_0 (III. *c.* 33)
$45\cdot9765=\Delta T$ gener.
$45\cdot9888=\Delta T$ norm.

$5\cdot55916^4=D$ praelim.
$1112^1=D:499\cdot8$
$5\cdot54804^0$
$-\;1295^0=\Sigma$ corr.
$5\cdot53509^0$
$216^8=$ corr. te
$5\cdot53725^8=D.$

1892. 24. IV. *A.* $8^h 12^m$; $E = 38{\cdot}0$; $Ba = 16^{mm}$. *B.* $9^h 26^m$; $E = 40{\cdot}0$; $te = 15{\cdot}6^0 C$; $U_{11} = -4{\cdot}5^5$. V. *b.*

63	49·1^0	49·0^7	42·7^1	39·3^8	36·5^6		56·2^1	17·6^8	37·0^8	54·4^6	17·7^0	30·2^6	58·7^9
60	34·6^8	3·7^0	26·9^8	56·1^8	19·0^6		43·8^1	30·9^8	22·5^8	9·8$_9$	1·6^2	47·9^1	39·6^9
57	20·9^5	18·5^7	11·3^8	13·1^5	1·0^8		30·9^1	44·2^8	8·2^8	25·2$_9$	44·6^2	5·9^6	20·5^9
T. M. v. 5.	52·15^8	52·77^8	51·69^8	52·35^3			38·82^0	38·64^1	38·60^0	38·24^6	38·51^4	38·54^5	
ausgeglichen	52·66^5	52·35^3	52·13^8				38·72	38·74	38·50	38·35	38·41		

C. $10^h 45m$; $E = 40{\cdot}4p$; $m = 60{\cdot}38$.

63	57·1^1	1·7^0	50·8^9	52·7^6	44·5^1	43·1^8	
60	44·4^9	14·6^0	36·5^9	7·9^6	28·3^1	0·8^8	
57	31·8^1	28·1^0	22·5^9	22·9^6	12·6^1	18·1^5	
T. M. v. 5.	52·27^8	53·04^0	51·77^0	52·86^0	52·48^7		
ausgeglichen	52·69	52·59	52·25	52·35			

$A = 52{\cdot}353$	$C = 52{\cdot}487$	$B = 38{\cdot}545$	4·679		5·55916^1	$= D$ provisor.
$U_{11} = -{\cdot}065$	·065	·067^7	38·010	$= T_{\prime\prime}$	— 2542^8	$= D: 218{\cdot}6$
Red. $= -{\cdot}635$	·717	·467^5	33·331	$= T_0$	5·53373^6	
51·653	51·705	38·009^8	+0·138^4	= corr. *v.* T_0	— 1295^0	$= \Sigma$
51·679		Lock. $= -{\cdot}004$	45·976^5	$= \Delta T$ gener.	5·52078^6	
		38·005^8	46·114^9	$= \Delta T$ norm.	+ 126^5	= corr. *te*
ΔT obs. $= 46{\cdot}326^8$					5·52205^1	$= D.$

$\Delta\Delta T = +0{\cdot}211^9 = 1/218{\cdot}6$ (v. 46·326^8)

25. IV. *A.* $7^h 49^m$; $E = 38{\cdot}5p$; $U_{11} = -3{\cdot}0^5$ (für 24^h). *B.* $9^h 38^m$; $E = 42{\cdot}2$; $Ba = 16^{mm}$; $te = 15{\cdot}65^0 C.$

63	52·6^2	53·6^6	45·5^0	42·8^9	38·3^0	corr.		16·5^4	37·0^7	56·6^9	14·2^7	36·0^1	50·0^1	16·4^6	corr.
60	39·0^2	8·3^1	29·6^0	59·5^4	20·8^0	—·014^1		5·0^1	50·6^0	42·8^9	28·1^7	21·2^1	6·8^4	59·1^8	—·013^1
57	25·1^2	22·7^1	14·6^0	16·2^1	3·4^8	(III. *a*)		53·3^4	8·1^2	29·2^1	42·8^7	6·1^4	22·8^1	40·8^8	
T. M. v. 5.	51·02^4	52·25^6	50·92^7	51·11^5	51·100^6			38·11^6	38·07^2	38·44^8	37·91^6	37·32^6	37·97^9	37·965^5	
ausgeglichen	51·64	51·62	51·59					38·13	38·06	38·40	37·90	37·34			

C. $10^h 22^m$; $E = 47{\cdot}1$; $m = 59{\cdot}32$.

63	1·6^2	6·1^1	55·1^0	57·2^9	48·9^6	48·5^5	corr.
60	48·9^2	18·9^7	40·4^0	12·1^9	32·5^6	5·8^9	—·014
57	36·0^4	32·0^9	26·3^2	27·2^4	16·3^8	22·6^7	(III. *a*)
T. M. v. 5.	51·83^2	53·02^2	51·99^2	53·41^6	52·56^5	52·551	
ausgeglichen	52·42	52·39	52·67	52·09			

$A = 51{\cdot}100^6$	$C = 52{\cdot}551$	$B = 37{\cdot}965^5$	4·679		5·55916^4	$= D$ provis.
$U_{11} = -{\cdot}043$	—·043	—·045	37·401^5		— 3307^2	
Red. $= -{\cdot}650$	·973	·519	32·722^5	$= T_0$	5·52609^2	
50·407^6	51·535	37·401^5	+·075^1	= corr. *v.* T_0	— 1295^0	$= \Sigma$ corr. (IV. *b.* 12)
50·971^3		Lock. $= -{\cdot}103$	45·976^5		5·51314^2	
		37·298^5	46·051^6	$= \Delta T$ norm.	+ 122	= corr. *te.*
ΔT obs. $= 46{\cdot}327^2$					5·51436^2	$= D.$

$\Delta\Delta T = +0{\cdot}275^6 = 1/168{\cdot}1$

27. IV. *A.* $7^h 45^m$; $E = 26{\cdot}3$; $U_{11} = -7{\cdot}0^5$ (für 24^h). *B.* $9^h 4^m$; $E = 34{\cdot}2$; $Ba = 16^{mm}$; $te = 15{\cdot}7^0$.

63	26·0^0	20·8^3	19·3^2	10·0^3	12·8^3	58·7^3	corr.		51·9^0	11·8^0	27·2^4	51·9^7	2·9^0	32·6^5	37·6^3	corr.
60	6·0^0	42·0^5	56·5^0	33·9^1	47·0^1	26·0^3	—·006		6·3^0	55·9^4	43·3^9	34·0^7	21·9^0	12·2^5	59·2^1	—·020^4
57	46·0^0	3·7^0	34·2^0	58·0^1	21·2^6	53·8^3			21·2^0	40·5^2	59·9^1	16·5^7	40·8^0	51·4^0	21·8^1	
T. M. v. 7.	50·54^7	52·30^9	50·35^4	52·26^3	51·36^8	51·302		*M. v.* 5.	37·26^0	38·01^6	38·12^0	37·81^8	37·83^5	37·82^8	37·807^6	
ausgeglichen	51·38	51·41	51·30	51·25					37·35	37·93	38·21	37 73	37·93			

C. $10^h 27^m$; $E = 36{\cdot}0$; $m = 60{\cdot}77$.

63	38·5^0	26·0^4	29·5^0	19·7^8	20·1^8	13·4^1	10·9^6	—·019
60	52·4^0	11·2^1	45·2^0	2·1^4	38·8^3	53·5^0	31·5^5	corr.
57	7·1^5	55·6^2	1·5^2	44·6^6	56·9^3	34·0^7	51·6^6	
T. M. v. 7.	52·74^8	51·32^0	53·17^2	51·45^2	52·87^6	52·15^8	52·139	
ausgeglichen	52·08	52·04	52·40	52·28	51·99			

V. *b.*

$A=51{\cdot}302$	$C=52{\cdot}139$	$B=37{\cdot}807^{6}$	$4{\cdot}659$	$5{\cdot}55916^{1}$
$U_{11}=-{\cdot}102$	${\cdot}102$	${\cdot}105$	$37{\cdot}361^{6}$	950^{9}
Red. $=-{\cdot}303^{6}$	${\cdot}569$	${\cdot}341$	$32{\cdot}702^{6}=T_0$	$5{\cdot}54965^{5}$
$50{\cdot}896^{1}$	$51{\cdot}468$	$37{\cdot}361^{6}$	$+{\cdot}072$ = corr. v. T_0	$-1295^{0}=\Sigma$
$51{\cdot}182^{2}$	Lock. $=-{\cdot}052$		$45{\cdot}976^{5}$	$5{\cdot}53670^{5}$
		$37{\cdot}309^{6}$	$40{\cdot}0485=\Delta T$ norm.	117^{1} = corr. *te*
ΔT obs. $=46{\cdot}127^{4}$				$5{\cdot}53787^{9}=D.$

$\Delta\Delta T= \; 0{\cdot}078^{9}=1/584{\cdot}6$

1892. 28. IV. *A.* $7^{h}49^{m}$; $E=27{\cdot}7$; $U_{11}=-4{\cdot}5^{5}$ (für 24^{h}).

63	$10{\cdot}1^{0}$	$23{\cdot}2^{7}$	$8{\cdot}9^{9}$	$13{\cdot}3^{9}$	$2{\cdot}0^{0}$	corr.
60	$57{\cdot}2^{5}$	$44{\cdot}4^{7}$	$47{\cdot}1^{9}$	$36{\cdot}7^{5}$	$36{\cdot}7^{5}$	$-{\cdot}021$
57	$37{\cdot}6^{5}$	$5{\cdot}2^{7}$	$24{\cdot}6^{9}$	$1{\cdot}1^{6}$	$11{\cdot}6^{2}$	
T. M. v. 5.	$50{\cdot}09^{2}$	$52{\cdot}72^{8}$	$49{\cdot}75^{6}$	$51{\cdot}32^{6}$	$51{\cdot}305$	
ausgeglichen	$51{\cdot}39$	$51{\cdot}33$	$51{\cdot}27$			

B. $9^{h}4^{m}$; $E=31{\cdot}7$; $Ba=16^{mm}$; $te=15{\cdot}7^{0}$.

$36{\cdot}3^{6}$	$57{\cdot}0^{5}$	$10{\cdot}7^{9}$	$33{\cdot}1^{4}$	$58{\cdot}1^{8}$	$9{\cdot}9^{5}$	$38{\cdot}4^{1}$	corr.
$20{\cdot}5^{4}$	$14{\cdot}1^{5}$	$59{\cdot}1^{4}$	$53{\cdot}1^{4}$	$36{\cdot}9^{3}$	$32{\cdot}0^{5}$	$14{\cdot}4^{1}$	$-{\cdot}022$
$4{\cdot}8^{1}$	$31{\cdot}1^{8}$	$40{\cdot}6^{4}$	$12{\cdot}6^{4}$	$15{\cdot}7^{5}$	$55{\cdot}2^{1}$	$50{\cdot}8^{1}$	
$38{\cdot}08^{4}$	$38{\cdot}74^{4}$	$38{\cdot}20^{1}$	$39{\cdot}28^{0}$	$37{\cdot}64^{2}$	$38{\cdot}49^{1}$	$38{\cdot}472$	
$38{\cdot}53$	$38{\cdot}26$	$38{\cdot}72$	$38{\cdot}72$	$38{\cdot}24$			

C. $10^{h}28^{m}$; $E=34{\cdot}5$; $m=61{\cdot}2$.

63	$36{\cdot}4^{9}$	$39{\cdot}4^{8}$	$30{\cdot}4^{9}$	$30{\cdot}5^{0}$	$24{\cdot}5^{3}$	$21{\cdot}5^{6}$	$19{\cdot}7^{1}$	corr.
60	$22{\cdot}0^{0}$	$54{\cdot}6^{1}$	$14{\cdot}3^{1}$	$48{\cdot}5^{9}$	$6{\cdot}3^{3}$	$41{\cdot}8^{6}$	$58{\cdot}8^{7}$	$-{\cdot}013$
57	$7{\cdot}9^{8}$	$9{\cdot}7^{1}$	$57{\cdot}7^{1}$	$5{\cdot}8^{5}$	$47{\cdot}8^{3}$	$2{\cdot}0^{9}$	$37{\cdot}0^{9}$	
T. M. v. 5.	$52{\cdot}09^{9}$	$53{\cdot}72^{6}$	$51{\cdot}98^{6}$	$53{\cdot}60^{0}$	$52{\cdot}29^{5}$	$52{\cdot}89^{1}$	$52{\cdot}881$	
ausgeglichen	$52{\cdot}76$	$53{\cdot}01$	$52{\cdot}70$	$52{\cdot}78$	$53{\cdot}17$			

$A=51{\cdot}305$	$C=52{\cdot}881$	$B=38{\cdot}472$	$4{\cdot}684$	$5{\cdot}55916^{1}$
$U_{11}=-{\cdot}102$	${\cdot}102$	${\cdot}105$	$38{\cdot}073^{6}$	$3039=D:182{\cdot}9$
Red. $=-{\cdot}336^{5}$	${\cdot}523$	${\cdot}293^{4}$	$33{\cdot}389^{6}=T_0$	$5{\cdot}52877^{1}$
$50{\cdot}866^{5}$	$52{\cdot}256$	$38{\cdot}073^{6}$	$+{\cdot}142^{1}$ = corr. v. T_0	$-1295^{0}=\Sigma$
$51{\cdot}501^{2}$	Lock. $=-{\cdot}140$		$45{\cdot}976^{5}$	$5{\cdot}51587^{4}$
		$37{\cdot}933^{6}$	$46{\cdot}118^{9}=\Delta T$ norm.	$+117^{1}$ = corr. *te*
ΔT obs. $=46{\cdot}372^{1}$				$5{\cdot}51699^{8}=D.$

$\Delta\Delta T=+0{\cdot}253^{5}=1/182{\cdot}9$ (v. $46{\cdot}372^{1}$)

29. IV. *A.* $7^{h}44^{m}$; $E=28{\cdot}6$; $U_{11}=-5{\cdot}5^{5}$.

63	$46{\cdot}7^{8}$	$57{\cdot}3^{6}$	$39{\cdot}6^{0}$	$49{\cdot}1^{9}$	$32{\cdot}3^{7}$	corr.
60	$28{\cdot}6^{1}$	$17{\cdot}4^{9}$	$18{\cdot}1^{0}$	$11{\cdot}2^{9}$	$8{\cdot}1^{7}$	$-{\cdot}015$
57	$9{\cdot}8^{8}$	$37{\cdot}7^{9}$	$57{\cdot}5^{5}$	$34{\cdot}3^{3}$	$44{\cdot}6^{7}$	
T. M. v. 7.	$49{\cdot}91^{1}$	$54{\cdot}29^{1}$	$49{\cdot}84^{3}$	$52{\cdot}08^{5}$	$52{\cdot}070$	
ausgeglichen	$51{\cdot}97$	$52{\cdot}08$	$52{\cdot}19$			

B. $9^{h}3^{m}$; $E=35{\cdot}6$; $Ba=16^{mm}$; $te=15{\cdot}7^{0}$.

$47{\cdot}9^{1}$	$21{\cdot}4^{8}$	$27{\cdot}2^{5}$	$59{\cdot}0^{3}$	$7{\cdot}2^{5}$	$36{\cdot}9^{6}$	$47{\cdot}0^{9}$	corr.
$33{\cdot}6^{8}$	$36{\cdot}6^{8}$	$11{\cdot}1^{5}$	$16{\cdot}1^{1}$	$48{\cdot}6^{8}$	$56{\cdot}5^{3}$	$25{\cdot}3^{9}$	$-{\cdot}015$
$19{\cdot}3^{6}$	$51{\cdot}8^{5}$	$55{\cdot}1^{0}$	$34{\cdot}0^{1}$	$29{\cdot}9^{1}$	$16{\cdot}9^{6}$	$3{\cdot}7^{5}$	
$37{\cdot}72^{7}$	$39{\cdot}92^{0}$	$37{\cdot}45^{1}$	$40{\cdot}37^{7}$	$36{\cdot}89^{3}$	$38{\cdot}75^{3}$	$38{\cdot}738$	
$38{\cdot}94$	$38{\cdot}62$	$38{\cdot}85$	$38{\cdot}85$	$38{\cdot}48$			

C. $10^{h}22^{m}$.

63	$41{\cdot}9^{3}$	$59{\cdot}0^{4}$	$35{\cdot}0^{0}$	$51{\cdot}4^{0}$	$28{\cdot}3^{3}$	$43{\cdot}5^{3}$	corr.
60	$28{\cdot}3^{3}$	$12{\cdot}8^{1}$	$19{\cdot}6^{0}$	$7{\cdot}3^{5}$	$10{\cdot}5^{3}$	$1{\cdot}8^{7}$	$-{\cdot}006$
57	$14{\cdot}6^{3}$	$27{\cdot}7^{1}$	$4{\cdot}7^{0}$	$24{\cdot}0^{0}$	$53{\cdot}3^{0}$	$21{\cdot}1^{3}$	(III. *a*)
T. M. v. 7.	$51{\cdot}46^{1}$	$54{\cdot}34^{6}$	$50{\cdot}87^{1}$	$54{\cdot}03^{3}$	$52{\cdot}82^{9}$	$52{\cdot}823$	
ausgeglichen	$52{\cdot}95$	$52{\cdot}74$	$52{\cdot}59$	$52{\cdot}79$			

$A=52{\cdot}070$	$C=52{\cdot}823$	$B=38{\cdot}738$	$4{\cdot}683$	$5{\cdot}55916^{1}$
$U_{11}=-{\cdot}079$	${\cdot}079$	${\cdot}082^{5}$	$38{\cdot}285^{4}$	2728^{1}
Red. $=-{\cdot}359$	${\cdot}630$	${\cdot}369^{8}$	$33{\cdot}602^{7}=T_0$	$5{\cdot}53196^{0}$
$51{\cdot}632$	$52{\cdot}114$	$38{\cdot}285^{7}$	$+{\cdot}104^{3}$ = corr. v. T_0	$-1295^{0}=\Sigma$
$51{\cdot}873$	Lock. $=-{\cdot}045$		$45{\cdot}976^{5}$	$5{\cdot}51901^{0}$
		$38{\cdot}240^{7}$	$46{\cdot}140^{8}=\Delta T$ norm.	$+117^{1}$ = corr. *te*
ΔT obs. $=46{\cdot}367^{7}$				$5{\cdot}52018^{1}=D.$

$\Delta\Delta T=+0{\cdot}226^{9}=1/204{\cdot}4$

1. VI. *A.* $7^{h}57^{m}$; $E=36{\cdot}0p$; $U_{11}=+8{\cdot}4^{5}$.

64	$45{\cdot}5^{0}$	$48{\cdot}9^{8}$	$35{\cdot}7^{5}$	$44{\cdot}1^{2}$	$25{\cdot}8^{9}$	$40{\cdot}3^{5}$	corr.
60	$3{\cdot}7^{0}$	$28{\cdot}4^{8}$	$56{\cdot}8^{5}$	$21{\cdot}4^{2}$	$50{\cdot}3^{6}$	$13{\cdot}3^{8}$	$-{\cdot}033$
56	$22\;5^{7}$	$8{\cdot}2^{8}$	$18{\cdot}2^{5}$	$58{\cdot}3^{2}$	$14{\cdot}4^{9}$	$47{\cdot}9^{8}$	
T. M. v. 5.	$52{\cdot}93^{0}$	$52{\cdot}76^{0}$	$53{\cdot}30^{6}$	$52{\cdot}59^{1}$	$52{\cdot}91^{2}$	$52\;879$	
ausgeglichen	$52{\cdot}71$	$52{\cdot}99$	$53{\cdot}12$	$52{\cdot}86$			

B. $9^{h}16^{m}$; $E=38{\cdot}5$; $Ba=17^{mm}$; $te=22^{0}C.$

$0{\cdot}1^{5}$	$11{\cdot}4^{5}$	$42{\cdot}1^{6}$	$48{\cdot}9^{4}$	$25{\cdot}1^{5}$	$25{\cdot}9^{1}$	$8{\cdot}0^{1}$	corr.
$42{\cdot}4^{5}$	$30{\cdot}7^{0}$	$21{\cdot}8^{2}$	$10{\cdot}4^{1}$	$1{\cdot}9^{0}$	$50{\cdot}2^{1}$	$41{\cdot}9^{1}$	$-{\cdot}030$
$25{\cdot}0^{5}$	$49{\cdot}3^{9}$	$1{\cdot}9^{8}$	$31{\cdot}9^{7}$	$39{\cdot}2^{2}$	$14{\cdot}5^{1}$	$15{\cdot}4^{1}$	
$39{\cdot}54^{6}$	$40{\cdot}01^{2}$	$40{\cdot}18^{2}$	$39{\cdot}91^{0}$	$39{\cdot}81^{2}$	$39{\cdot}90^{1}$	$39{\cdot}874$	
$39{\cdot}60$	$39{\cdot}94$	$40{\cdot}24$	$39{\cdot}85$	$39{\cdot}87$			

V. *b.*

C. $10^{h}30^{m}$; $E=41\cdot8$.

64	$42\cdot1^{8}$	$38\cdot8^{5}$	$38\cdot8^{0}$	$31\cdot2^{6}$	$35\cdot2^{9}$	$22\cdot7^{9}$	corr.
60	$25\cdot7^{8}$	$55\cdot9^{5}$	$20\cdot1^{3}$	$50\cdot8^{4}$	$14\cdot4^{4}$	$45\cdot5^{6}$	$-\cdot046$
56	$9\cdot2^{1}$	$13\cdot0^{5}$	$1\cdot7^{3}$	$10\cdot5^{4}$	$52\cdot8^{9}$	$7\cdot6^{0}$	

T. M. v. 7.	$54\cdot38^{4}$	$54\cdot74^{6}$	$53\cdot99^{3}$	$54\cdot74^{9}$	$54\cdot46^{6}$	$54\cdot420$
ausgeglichen	$54\cdot63$	$54\cdot58$	$54\cdot28$	$54\cdot43$		

$A=52\cdot879$	$C=54\cdot420$	$B=39\cdot874$	$4\cdot680^{6}$	$5\cdot55916^{4}$
$U_{11}=+\cdot122$	$+\cdot122$	$+\cdot126$	$39\cdot567^{5}$	$842^{1}=D:000^{1}$
Red. $=-\cdot569^{5}$	$-\cdot768$	$-\cdot432^{5}$	$34\cdot887=T_0$	$5\cdot55074^{3}$
$52\cdot431^{5}$	$53\cdot774$	$39\cdot567^{5}$	$+\cdot295^{9}=$ corr. *v.* T_0	$-1295^{0}=\Sigma$ corr.
$53\cdot102^{7}$		Lock. $=-\cdot122^{2}$	$45\cdot976^{5}$	$5\cdot53779^{3}$
		$39\cdot445^{3}$	$46\cdot272^{1}=\Delta T$ norm.	$-452=$ corr. *te*
ΔT obs. $=46\cdot342^{6}$				$5\cdot53327^{3}=D.$

$\Delta\Delta T=+0\cdot070^{2}=1/660^{1}$

2. VI. *A.* $7^{h}48^{m}$; $E=35\cdot2p$; $U_{11}=+6\cdot25^{5}$ (für 24^{h}).

64	$42\cdot7^{7}$	$48\cdot4^{0}$	$31\cdot3^{6}$	$43\cdot1^{3}$	$20\cdot1^{7}$	$38\cdot2^{1}$	corr.
60	$1\cdot8^{5}$	$28\cdot1^{0}$	$53\cdot3^{6}$	$20\cdot0^{1}$	$45\cdot0^{5}$	$11\cdot4^{3}$	$-\cdot044$
56	$21\cdot1^{5}$	$7\cdot7^{8}$	$15\cdot2^{4}$	$56\cdot2^{9}$	$10\cdot3^{7}$	$44\cdot3^{6}$	

T. M. v. 7.	$51\cdot42^{3}$	$51\cdot47^{6}$	$51\cdot88^{6}$	$51\cdot77^{9}$	$51\cdot64^{1}$	$51\cdot597$
ausgeglichen	$51\cdot41$	$51\cdot49$	$51\cdot87$	$51\cdot79$		

B. $9^{h}12^{m}$; $E=41\cdot0$; $Ba=17^{mm}$; $te=22\cdot11^{0}$.

$19\cdot5^{1}$	$50\cdot7^{9}$	$56\cdot0^{2}$	$39\cdot8^{3}$	$31\cdot5^{5}$	$23\cdot8^{1}$	corr.
$37\cdot2^{1}$	$37\cdot0^{9}$	$16\cdot4^{4}$	$17\cdot9^{3}$	$55\cdot5^{5}$	$58\cdot4^{1}$	$-\cdot000$
$55\cdot5^{6}$	$18\cdot8^{9}$	$36\cdot9^{4}$	$55\cdot8^{3}$	$19\cdot2^{3}$	$32\cdot8^{8}$	

$39\cdot14^{0}$	$40\cdot29^{1}$	$38\cdot90^{7}$	$40\cdot35^{0}$	$39\cdot67^{2}$	$39\cdot612$
$39\cdot72$	$39\cdot54$	$39\cdot58$	$39\cdot63$		

C. $10^{h}32^{m}$; $E=40\cdot4p$; $m=60\cdot0$.

64	$14\cdot9^{1}$	$9\cdot6^{6}$	$11\cdot3^{0}$	$1\cdot9^{0}$	$7\cdot7^{1}$	$53\cdot3^{5}$	$4\cdot4^{6}$	$44\cdot1^{3}$	corr.
60	$59\cdot4^{1}$	$26\cdot2^{4}$	$53\cdot4^{4}$	$20\cdot7^{0}$	$47\cdot2^{1}$	$14\cdot8^{8}$	$41\cdot2^{0}$	$9\cdot4^{8}$	$-\cdot048$
56	$43\cdot3^{1}$	$42\cdot9^{6}$	$35\cdot2^{2}$	$39\cdot3^{8}$	$26\cdot7^{1}$	$36\cdot2^{8}$	$18\cdot1^{0}$	$33\cdot8^{0}$	

T. M. v. 7.	$54\cdot21^{9}$	$54\cdot19^{3}$	$54\cdot09^{3}$	$54\cdot24^{4}$	$54\cdot06^{6}$	$54\cdot49^{0}$	$54\cdot21^{7}$	$54\cdot169^{5}$
ausgeglichen	$54\cdot30$	$54\cdot10$	$54\cdot18$	$54\cdot15$	$54\cdot16$	$54\cdot39$		

$A=51\cdot597$	$C=54\cdot169^{5}$	$B=39\cdot415$ correct.*	$4\cdot694^{5}$	$5\cdot55916^{1}$
$U_{11}=+\cdot091$	$+\cdot091$	$+\cdot094^{5}$	$39\cdot019^{5}$	3218^{2}
Red. $=-\cdot544^{2}$	$-\cdot717$	$-\cdot490$	$34\cdot325=T_0$	$5\cdot52698^{2}$
$51\cdot143^{8}$	$53\cdot543^{5}$	$39\cdot019^{5}$	$+\cdot238^{3}=$ corr. *v.* T_0	$-1295^{0}=\Sigma$
$52\cdot343^{6}$		Lock. $=\ \cdot193$	$45\cdot976^{5}$	$5\cdot51403^{2}$
		$38\cdot826^{5}$	$46\cdot214^{8}$	$-462=$ corr. *te*
ΔT obs. $=46\cdot483^{9}$				$5\cdot50941^{2}=D.$ Gewicht $=0\cdot9$.

$\Delta\Delta T=+0\cdot269^{1}=1/172\cdot7$ (v. $46\cdot484$)

3. VI. *A.* $7^{h}45^{m}$; $E=35\cdot5p$; $U_{11}=+6\cdot25^{5}$.

64	$9\cdot5^{2}$	$12\cdot2^{6}$	$58\cdot4^{1}$	$6\cdot2^{8}$	$47\cdot3^{8}$	$0\cdot4^{8}$	corr.
60	$28\cdot9^{0}$	$52\cdot1^{8}$	$19\cdot8^{9}$	$42\cdot9^{8}$	$11\cdot4^{5}$	$34\cdot5^{0}$	$-\cdot057^{1}$
56	$48\cdot0^{8}$	$32\cdot0^{4}$	$41\cdot8^{1}$	$19\cdot5^{6}$	$36\cdot8^{0}$	$7\cdot7^{0}$	

T. M. v. 7.	$51\cdot27^{4}$	$50\cdot66^{6}$	$51\cdot98^{9}$	$51\cdot45^{6}$	$51\cdot34^{6}$	$51\cdot288^{6}$
ausgeglichen	$51\cdot02$	$50\cdot94$	$51\cdot69$	$51\cdot77$		

B. $9^{h}4^{m}$; $E=42\cdot0$; $Ba=17^{mm}$; $te=22\cdot07^{0}$.

$53\cdot6^{5}$	$0\cdot4^{8}$	$34\cdot9^{6}$	$43\cdot3^{0}$	$16\cdot3^{5}$	$19\cdot3^{3}$	$58\cdot8^{6}$	corr.
$37\cdot5^{3}$	$24\cdot1^{4}$	$15\cdot7^{6}$	$2\cdot5^{0}$	$55\cdot2^{5}$	$42\cdot2^{1}$	$35\cdot0^{1}$	$-\cdot049^{5}$
$21\cdot2^{5}$	$41\cdot2^{8}$	$57\cdot8^{6}$	$22\cdot8^{8}$	$34\cdot4^{5}$	$4\cdot7^{3}$	$10\cdot5^{1}$	

$38\cdot73^{0}$	$38\cdot87^{8}$	$39\cdot25^{7}$	$39\cdot39^{9}$	$39\cdot08^{0}$	$39\cdot07^{9}$	$39\cdot029^{5}$
$38\cdot79$	$38\cdot82$	$39\cdot31$	$39\cdot34$	$39\cdot14$		

C. $10^{h}29^{m}$; $E=41\cdot7$; $m=60\cdot15$.

64	$25\cdot9^{1}$	$22\cdot5^{5}$	$20\cdot5^{7}$	$13\cdot5^{0}$	$15\cdot0^{4}$	$4\cdot6^{0}$	$12\cdot2^{6}$	corr.
60	$9\cdot5^{4}$	$39\cdot2^{5}$	$2\cdot8^{7}$	$33\cdot2^{0}$	$55\cdot7^{4}$	$26\cdot3^{0}$	$49\cdot2^{6}$	$-\cdot045$
56	$54\cdot1^{1}$	$55\cdot7^{5}$	$45\cdot4^{7}$	$51\cdot7^{5}$	$35\cdot0^{4}$	$48\cdot3^{0}$	$26\cdot1^{1}$	

T. M. v. 7.	$53\cdot04^{7}$	$53\cdot66^{1}$	$52\cdot81^{3}$	$53\cdot80^{7}$	$53\cdot44^{1}$	$53\cdot41^{7}$	$53\cdot372$
ausgeglichen	$53\cdot32$	$53\cdot37$	$53\cdot13$	$53\cdot47$	$53\cdot80$		

* Von 2. VI bis 6. VI war ein Fehler an der hinteren Schale, indem ihr Faden sich verlängert hatte. Sie gelangte deshalb nicht bis zur »0°-Stellung«, sondern blieb ca. 13·2° davon hangen. Diese Stellung wurde gut gemessen, und der Effect berechnet. Derselbe besteht darin, dass $T_{,,}$ um $0\cdot1970^{5}$ zu gross wird. So ergibt sich »B corr.« $=39\cdot012-0\cdot197=39\cdot415$. Sonst bleibt Alles ungeändert. Doch geben wir das Gewicht $=0\cdot9$, weil die Correction nicht ganz genau sein wird.

V. *b.*

A = 51·288^6	C = 53·372	B = 38·832^5 correct.	4·694	5·55916^4
U_{11} = + ·091^3	+ ·091^3	+ ·094^6	38·411	3926^5
Red. = − ·553	− ·762	− ·515	33·717 = T_0	5·51989^9
50·826^9	52·701^3	38·410^9	+ ·176 = corr.	− 1295^0
51·764^1	Lock. =	166	45·976^5	− 450^8 = le
		38·244^9	46·152^5 = ΔT norm.	5·50244^1 = D.

ΔT obs. = 46·480^8

$\Delta\Delta T$ = + 0·328^3 = 1/141·6 (v. 46·48)

Der erste Durchgang (A_1) war etwas gestört. Wird derselbe nicht berücksichtigt, dann wird

T_A = 51·467^6		4·685	5·55916^4
+ ·091^3		38·411	2849^6
− ·553		33·726	5·53066^8
51·005^9	52·701^3	+ ·177	− 1295^0
51·853^6		976^5	− 450^8
	38·244^9	46·153^5	5·51321^0 = D.

ΔT obs. = 46·391^3

$\Delta\Delta T$ = + 0·237^8 = 1/195^1

Der wahrscheinlichere Werth also = 5·5120 = D. Gewicht = 0·9.

1892. 5. VI. *A.* 7^{h}48^m; E = 36·6; U_{11} = + 5·7^5 (für 24^h).

64	12·7^2	14·9^2	1·9^3	8·8^5	51·0^3	4·1^6	corr.
60	32·1^2	54·8^0	23·5^1	46·1^8	15·5^3	37·7^3	− ·0311
56	50·9^7	34·7^0	45·5^3	22·5^5	40·6^1	10·6^8	
T. M. v. 5.	51·83^2	51·19^2	51·91^0	51·65^1	51·64^7	51·616	
ausgeglichen	51·63	51·40	51·67	51·90			

B. 9^{h}7^m; E = 40·4; Ba = 17^{mm}; le = 21·54^0.

51·5^4	3·4^5	32·7^7	40·1^0	13·6^2	16·2^7	56·6^9	corr.
34·6^1	21·4^8	13·0^7	0·5^0	52·0^0	39·9^5	31·4^2	− ·027^5
17·7^1	39·7^8	54·0^2	31·3^0	30·1^2	3·2^7	5·9^9	
	38·84^6	39·00^0	38·53^2	39·36^2	39·46^0	39·06^3	39·035^5
	38·96	38·88	38·65	39·2^1	39·58		

C. 10^{h}27^m; E = 41·3; m = 60·27.

64	4·5^7	0·8^5	0·1^0	52·2^3	57·0^7	43·5^0	corr.
60	48·4^4	18·5^5	41·1^0	12·1^3	34·3^5	6·3^0	− ·0232
56	31·5^1	36·8^5	22·6^3	33·0^3	12·5^7	29·8^0	
T. M. v. 5.	52·84^8	53·72^0	53·74^0	53·98^6	53·573^5	53·550^3	
ausgeglichen	53·01	53·4^5	54·03	53·68			

A = 51·016	C = 53·550^3	B = 38·838^5 correct.	4·676	5·55916^4
U_{11} = + ·082	+ ·082	+ ·085^5	38·448^7	− 1593^3
Red. = − ·587^7	− ·749	− ·475^3	33·772^7 = T_0	5·54323^1
51·110^3	52·883^3	38·448^7	+ ·181^7 = corr. v. T_0	− 1295^0
51·996^8	Lock. =	− ·151	45·976^5	− 410^0 = corr. le
		38·297^7	46·168^2 = ΔT norm.	5·52618^1 = D. Gewicht = 0·9.

ΔT obs. = 46·300^9

$\Delta\Delta T$ = + 0·132^7 = 1/348·9

6. VI. *A.* 7^{h}39^m; E = 36·5; U_{11} = + 5·8^5.

64	10·9^2	49·5^9	44·6^5	31·7^1	19·4^1	15·5^1	corr.
60	33·9^7	24·6^8	11·4^3	3·9^2	49·4^4	42·5^1	− ·045
56	56·8^7	0·4^1	37·3^5	35·5^4	20·1^9	10·4^1	
T. M. v. 5.	37·56^0	38·88^8	38·30^2	38·89^4	38·41^1	38·366	
ausgeglichen	37·99	38·42	38·80	38·36			

B. 8^{h}59^m; E = 43·2; Ba = 17^{mm}; le = 21·41^0.

4·3^0	59·0^7	58·7^9	49·6^8	53·6^7	39·6^2	49·3^2	corr.
47·3^2	17·0^3	39·4^9	10·2^2	31·7^8	3·3^0	24·6^0	− ·027
30·4^3	34·9^5	20·4^9	30·5^8	9·9^9	26·5^8	59·3^1	
	52·21^3	53·19^4	52·14^2	53·09^8	52·62^1	52·73^6	52·709
	52·57	52·81	52·55	52·66	53·09		

C. 10^{h}23^m; E = 43·0 p.

64	18·8^9	33·7^3	0·7^8	10·3^8	42·3^3	46·0^0	24·6^7	corr.
60	2·9^1	51·1^0	41·8^5	30·1^0	21·2^0	9·1^1	0·5^3	− ·026
56	40·1^9	8·7^0	23·4^5	50·2^0	59·7^3	31·8^8	35·6^3	
T. M. v. 5.	39·40^6	39·04^6	39·08^8	38·77^0	39·23^2	39·07^6	39·050	
ausgeglichen	39·20	39·20	38·92	38·95	39·04			

V. *b.*

$A = 38\cdot360$; $C = 39\cdot050$;
correct. 38·169 38·853 $B = 52\cdot709$ 4·671 5·55916^{1} = D provis.
$U_{11} = +\cdot087$ +·087 +·083^{5} 38·185 — 1437^{5} = D : 386·7
Red. = —·271^{1} —·555 —·819
33·514 = T_0 5·54478^{9}
37·984^{6} 38·385 51·973^{5} +·155^{2} = corr. *v.* T_0 — 1295^{0} = Σ corr.
38·184^{8} Lock. = —·040 45·976^{5} 5·53183^{9}
51·933^{5} 46·131^{7} = Δ*T* norm. — 398^{0} = corr. *te*
Δ*T* obs. = 46·251^{3} 5·52785^{9} = *D*. Gewicht = 0·9.
ΔΔ*T* = +0·119^{6} = 1/386^{7} (v. 46·251)

8\. VI. *A.* 7^{h}33^{m}; *E* = 38·5 p.; $U_{11} = +5\cdot4^{5}$ (für 24^{h}).

64	34·2	58·3	8·1	38·6	41·1	19·4	corr.
60	52·5	38·0	29·4	16·0	6·1	53·1	—·030
56	11·0	18·9	50·6	53·2	30·5	27·4	

T. M. v. 5. 36·81^{8} 37·35^{2} 36·74^{6} 37·42^{6} | 37·08^{5} 37·055
ausgeglichen 36·99 37·06 37·00 37·09

B. 8^{h}52^{m}; *E* = 41·0; *Ba* = 17^{mm}; *te* = 19·93^{0}.

38·2	37·9	30·9	27·5	23·3	17·6	16·4	corr.
22·3	54·9	12·8	47·0	2·5	39·2	52·3	—·030
6·5	12·1	54·4	6·8	41·7	2·3	28·5	

50·41^{1} 52·15^{1} 49·75^{6} 52·67^{1} 49·95^{8} | 51·22^{8} 51·198^{3}
51·34 51·08 50·99 51·29 51·27

C. 10^{h}16^{m}; *E* = 40·1; *m* = 60·94.

64	47·8	7·0	27·9	43·1	8·3	19·0	49·3	corr.
60	31·5	24·4	9·2	3·3	40·9	42·0	24·7	·025^{2}
56	15·3	42·0	50·5	23·4	25·5	5·0	0·1	

T. M. v. 5. 37·04^{2} 38·77^{1} 37·67^{2} 38·69^{6} 37·82^{6} | 38·22^{3} 38·197^{8}
ausgeglichen 38·08 38·30 38·18 38·15 38·41

$A = 37\cdot055^{2}$ $C = 38\cdot197^{8}$ $B = 51\cdot198^{3}$ 4·730 5·55916^{1}
$U_{11} = +\cdot081$ +·081 +·078 37·257 — 9494^{2}
Red. = —·432^{5} —·468^{8} —·738^{8}
32·527 = T_0 5·46422^{2}
36·703^{7} 37·810^{0} 50·537^{5} +·054 = corr. *v.* T_0 — 1295^{0} = Σ
37·256^{8} Lock. = —·111 45·976^{5} — 264^{9} = corr. *te*
50·420^{5} 46·030^{5} = Δ*T* norm. 5·44862^{3} = *D*. NB. v. N^{a}. ad 10. VI.
Δ*T* obs. = 46·830^{3}
ΔΔ*T* = +0·799^{8} = 1/58·55

9\. VI. *A.* 7^{h}42^{m}; *E* = 37·6; $U_{11} = +5\cdot17^{5}$.

64	40·2^{5}	2·0^{7}	15·2^{9}	42·5^{0}	51·9^{0}	22·9^{0}	corr.
60	59·0^{5}	41·8^{7}	36·5^{9}	19·5^{5}	16·1^{2}	57·1^{0}	—·032
56	17·0^{0}	21·8^{7}	58·2^{9}	56·8^{0}	40·8^{8}	30·6^{0}	

T. M. v. 5. 38·51^{0} 37·71^{6} 39·45^{1} 37·35^{8} | 38·25^{9} 38·227
ausgeglichen 37·86 38·40 38·71 38·10

B. 9^{h}0^{m}; *E* = 43·3; *Ba* = 17^{mm}; *te* = 19·51^{0}.

52·6^{1}	58·4^{3}	40·3^{2}	50·3^{5}	40·3^{5}	41·2^{0}	34·3^{5}	corr.
36·8^{1}	14·9^{8}	28·3^{0}	9·0^{2}	19·9^{7}	3·0^{5}	11·1^{3}	—·023
21·2^{3}	31·8^{8}	10·5^{2}	28·0^{2}	0·1^{5}	24·7^{2}	48·2^{8}	

51·55^{1} 54·04^{2} 51·61^{1} 53·90^{3} 51·04^{2} | 51·68^{9} 51·665^{7}
52·66 52·85 52·90 52·43 52·5^{2}

C. 10^{h}25^{m}; *E* = 41·8; *m* = 60·52.

64	58·2^{9}	22·6	38·9^{1}	59·8^{3}	19·7^{2}	36·4^{2}	0·8^{8}	corr.
60	41·5^{1}	39·8^{7}	20·2^{1}	19·4^{1}	58·7^{0}	59·7^{0}	36·1^{0}	—·025
56	25·1^{1}	57·4^{7}	2·0^{4}	39·7^{1}	36·5^{0}	22·5^{2}	11·4^{0}	

T. M. v. 5. 38·74^{2} 39·86^{0} 37·88^{8} 39·99^{7} 37·73^{2} | 39·02^{5} 38·999^{7}
ausgeglichen 39·52 39·02 38·79 39·03 38·77

$A = 38\cdot227^{4}$ $C = 38\cdot999^{7}$ $B = 52\cdot665^{7}$ 4·083 5·55916^{1}
$U_{11} = +\cdot077^{5}$ +·077^{5} +·075 38·230 —2790^{0}
Red. = —·412^{5} —·510 —·823
33·547 = T_0 5·53126^{1}
37·892^{4} 38·567^{2} 51·917^{7} +·158^{6} = corr. *v.* T_0 — 1295^{0} = Σ
38·229^{8} Lock. = —·055^{7} 45·976^{5} 5·51831^{4}
51·862^{0} 46·135^{1} = Δ*T* norm. 227 = corr. *te*
Δ*T* obs. = 46·367^{8} 5·51604^{1} = *D*.
ΔΔ*T* = +0·232^{7} = 1/199·3

10\. VI. *A.* 7^{h}35^{m}; *E* = 36·2 p.; $U_{11} = +5\cdot0^{5}$.

64	24·4^{8}	37·7^{2}	1·6^{9}	18·9^{2}	37·2^{5}	59·2^{9}	corr.
60	43·4^{8}	17·5^{2}	23·1^{1}	55·2^{0}	2·9^{5}	32·1^{9}	—·060
56	3·1^{8}	57·0^{0}	44·8^{1}	31·5^{0}	28·2^{3}	5·6^{9}	

T. M. v. 7. 39·56^{1} 37·77^{7} 39·83^{0} 36·91^{6} | 38·52^{0} 38·460
ausgeglichen 38·51 38·91 38·02 38·22

B. 8^{h}54^{m}; *E* = 39·7; *Ba* = 17^{mm}; *te* = 19·65^{0}.

12·6^{0}	25·0^{5}	6·8^{0}	18·5^{7}	1·2^{5}	11·3^{2}	55·3^{6}	corr.
56·1^{0}	42·1^{8}	47·6^{0}	37·6^{7}	39·6^{8}	34·9^{5}	30·6^{8}	—·047
39·6^{5}	0·5^{5}	29·0^{0}	58·3^{9}	18·5^{4}	57·6^{8}	6·6^{0}	

53·15^{3} 54·23^{5} 53·16^{2} 54·78^{5} 52·62^{8} | 53·74^{5} 53·698
53·82 53·52 53·93 53·96 53·51

V. *b.* *C.* $10^{h}19^{m}$; $E = 40{\cdot}0$; $m = 61{\cdot}48$.

04	19·3^1	51·0^8	0·0^9	29·0^8	41·0^0	7·0^1	22·4^6	corr.
00	2·7^9	9·2^8	40·6^1	49·9^8	19·3^5	30·9^1	57·2^6	·048
56	45·4^6	27·1^8	21·7^9	11·1^6	57·0^7	55·0^1	31·4^1	

T. M. v. 7.	38·33^6	41·19^1	38·15^0	41·18^1	37·86^7	39·65^1	39·603
ausgeglichen	39·66	39·76	39·68	39·54	39·62		

$A = 38{\cdot}400$ $C = 39{\cdot}603$ $B = 53{\cdot}698$ $4{\cdot}615$ $5{\cdot}55916^1$
$U_{11} = +{\cdot}075$ $+{\cdot}075$ $+{\cdot}072^1$ $38{\cdot}681^7$ $+\ 0043^2 = D{:}92{\cdot}0$
Red. $= -{\cdot}382^5$ $-{\cdot}407^0$ $-{\cdot}691$
$34{\cdot}066^7 = T_0$ $5{\cdot}61959^6$
$\underbrace{38{\cdot}152^5 \quad 39{\cdot}211}_{38{\cdot}681^7}$ $53\ 079^4$ $+{\cdot}211^7 = \text{corr.}$ $-\ 1295^0 = \Sigma$
Lock. $= -{\cdot}089^2$ $45{\cdot}970^5$ $-\ 239^1 = \text{corr. } te$
$52{\cdot}990^2$ $46{\cdot}188^2 = \Delta T\,\text{norm.}$ $5{\cdot}60425^2 = D.$ *

$\Delta T\,\text{obs.} = 45{\cdot}691^5$

$\Delta\Delta T = -{\cdot}0\ 496^7 = 1/92{\cdot}0$ (v. 45·69)

1892. 13. VI. *A.* $7^{h}41^{m}$; $E = 30{\cdot}5$ p.; $U_{11} = +4{\cdot}5^5$ (für 24^h).

04	11·4^5	18·8^1	0·0^1	13·9^8	47·7^8	8·8^1	corr.
00	33·2^7	54·8^1	24·5^9	45·8^8	17·1^5	37·1^8	—·043
56	55·6^7	31·1^8	50·0^7	19·1^3	46·3^8	6·5^8	

T. M. v. 5.	51·35^4	51·48^1	52·44^8	51·24^2	51·63^1	51·591
ausgeglichen	51·11	51·74	52·17	51·54		

B. $9^{h}0^{m}$; $E = 37{\cdot}6$ p.; $Ba = 17^{mm}$; $te = 20{\cdot}40^0$.

39·4^3	48·2^5	20·5^6	24·2^2	2·8^6	59·8^3	45·6^9	corr.
21·8^0	7·5^1	0·3^9	45·9^5	38·8^2	24·8^9	17·9^1	—·030
4·3^0	26·7^8	39·3^6	8·4^9	15·7^9	50·0^6	51·8^7	

38·28^1	38·76^2	39·01^0	38·63^6	39·17^6	38·76^1	38·731
38·22	38·82	38·95	38·70	39·11		

C. $10^{h}25^{m}$; $E = 41{\cdot}4$; $m = 60{\cdot}3$.

04	10·4^2	8·3^8	5·7^0	0·2^0	1·4^4	50·9^5	57·4^3	corr.
00	54·3^2	25·3^1	47·1^7	19·4^0	40·0^8	13·7^2	33·7^3	—·024
56	38·4^5	42·2^1	29·0^0	38·8^3	19·8^1	35·3^2	9·8^3	

T. M. v. 5.	52·93^0	54·13^2	53·14^8	53·95^0	53·04^8	53·54^1	53·517
ausgeglichen	53·36	53·67	53·65	53·42	53·62		

$A = 51{\cdot}591$ $C = 53{\cdot}517$ $B = 38{\cdot}731$ $4{\cdot}606$ $5{\cdot}55916^1$
$U_{11} = +{\cdot}065^3$ $+{\cdot}065^3$ $+{\cdot}067^7$ $38{\cdot}386$ $-\ 530^7$
Red. $= -\ 407^8$ $-{\cdot}751^5$ $-{\cdot}412^5$
$33{\cdot}720 = T_0$ $5{\cdot}55385^7$
$\underbrace{51{\cdot}248^5 \quad 52\ 830^8}_{52{\cdot}039^6}$ $38{\cdot}386^2$ $+{\cdot}176 = \text{corr. } v.\ T_0$ $1295^0 = \Sigma$
Lock. $= -{\cdot}155$ $45{\cdot}970^5$ $5{\cdot}54090^7$
$38{\cdot}236^2$ $40{\cdot}152^5 = \Delta T\,\text{norm.}$ $-\ 307^0 = \text{corr. } te$

$\Delta T\,\text{obs.} = 46{\cdot}196^6$ $5{\cdot}53783^7 = D.$

$0{\cdot}044^1 = 1/1047{\cdot}5$

* N^a. Die beiden Resultate von 8. VI. und 10. VI. weichen auffallend stark von allen anderen ab. Es ist kaum denkbar, dass Beobachtungsfehler die Ursache seien. Die blose Betrachtung der Fig. 13, Taf. III zeigt das zur Genüge. Es muss also ein Versehen zu Grunde liegen. Sehr wahrscheinlich wurde eine der drei Beobachtungen *A*, *B*, *C* nicht mit dem mittleren Indexkreuz $X_{,,}$ gemacht, sondern mit $X_{,}$ oder $X_{,,,}$ (sup. II. *a* ff.). Solche Verwechslung ist mehrmals vorgekommen — ca. 12 mal im Ganzen; — und erst bei der Berechnung wurde das Versehen entdeckt. Doch geschah dies nur bei vereinzelten Durchgängen. Hier aber wäre anzunehmen, dass eine ganze Beobachtung (*A*, *B* oder *C*) mit verfehltem Index gemacht wurde. Aber auch das ist sehr leicht denkbar, denn ich hatte mich gewöhnt, auf die Weckvorrichtung (cf. II. *b* 12) mich zu verlassen, und sobald das Läutewerk ertönte, begann ich sofort die Beobachtung ohne vorher die Indexkreuze zu untersuchen. Nun sind die Zwischenzeiten ganz dieselben, wenn z. B. stets mit dem vorangehenden Indexkreuz beobachtet wird, wie wenn stets das richtige mittlere $X_{,,}$ benützt wird. Ein einmal begangenes Versehen macht also, dass auch beim nächstfolgenden Durchgang sehr leicht das gleiche Versehen stattfinde. Es ist sonach sehr wohl möglich, dass eine ganze Beobachtung *A*, *B* oder *C* mit einer solchen Verwechslung ausgeführt wurde. Die Annahme wird aber noch wahrscheinlicher, ja fast zur Gewissheit, wenn darauf gestützt die erforderliche Correction berechnet wird. Es ergeben sich dann in beiden Fällen Resultate, welche mit den übrigen vollkommen genau übereinstimmen. Ein günstiger Zufall war es aber, dass das Versehen bei zwei Beobachtungen und in entgegengesetztem Sinn vorkam. Dadurch wird nämlich bewirkt, dass das Mittel aus beiden Resultaten ($D = 5{\cdot}52644$) auch ohne die schwierigen Corrections-Rechnungen mit den übrigen Resultaten sehr gut übereinstimmt. Da sonach kaum ein Zweifel an der Richtigkeit dieser Erklärung besteht, so sind jene zwei Beobachtungen kaum als verfehlte oder minderberechtigte anzusehen. Wir werden also das Mittel als das Resultat der beiden Beobachtungen betrachten; jedoch vorsichtshalber demselben nur das Gewicht $= 1/2$ zutheilen. Übrigens ist zu beachten, dass es im Hauptresultat fast gar keinen Unterschied macht, ob dieser Werth mit dem Gewicht $= 2$ oder $= 1$ oder $= 1/2$ in Rechnung gebracht wird oder ob er auch ganz verworfen wird.

V. *b.*

1894.

24. VII. *A.* 8^{h}4^{m}; $E=24{\cdot}6$ p.; $U_{11}=-5{\cdot}33^{5}$.

63	35·7^{0}	35·7^{7}	25·9^{7}	29·5^{6}	14·9^{5}	23·1^{5}	corr.
60	56·4^{8}	13·7^{5}	48·7^{7}	4·5^{3}	40·6^{5}	55·9^{5}	—·050
57	17·5^{0}	51·1^{8}	12·0^{7}	40·1^{6}	6·2^{5}	29·2^{5}	
T. M. v. 7.	52·32^{3}	51·24^{3}	51·90^{3}	51·28^{0}	57·70^{1}	51·651	
ausgeglichen	51·90	51·07	51·52	51·74			

B. 9^{h}8^{m}; $E=33{\cdot}0$; $Ba=5{\cdot}5^{mm}$; $te=20{\cdot}37^{0}$.

40·1^{8}	3·4^{7}	22·7^{0}	43·5^{1}	58·6^{0}	23·3^{5}	corr.
2·5^{5}	40·5^{5}	40·5^{2}	24·4^{0}	19·1^{0}	1·4^{5}	—·032
19·2^{5}	29·0^{7}	58·9^{2}	4·5^{0}	39·8^{0}	40·4^{5}	
38·07^{1}	37·62^{1}	38·56^{0}	37·81^{6}	38·01^{8}	37·986	
37·80	37·92	38·25	38·14			

C. 10^{h}12^{m}; $E=28{\cdot}5$; $m=60{\cdot}58$; Stellung I.

63	48·6^{3}	44·6^{0}	39·4^{2}	39·6^{2}	29·5^{5}	33·9^{7}	corr. (III. *a*)
60	7·0^{3}	25·5^{0}	59·4^{2}	18·3^{2}	52·1^{8}	10·0^{3}	—·043
57	25·4^{3}	5·6^{0}	20·0^{2}	56·8^{2}	15·0^{5}	46·4^{3}	
T. M. v. 7.	52·60^{6}	52·80^{1}	52·79^{1}	51·86^{9}	52·51^{7}	52·474	
ausgeglichen	52·44	52·98	52·61	52·06			

$A=51{\cdot}651$ $C=52{\cdot}474$ $B=37{\cdot}986$ 4·030 $=0{\cdot}101.\Delta T$ 5·55910^{4}
$U_{11}=-{\cdot}077^{3}$ ·077^{3} ·080 37·086 $=T_{u}$ 884 $=D$: 6288
Red. $=-{\cdot}213^{5}$ ·280^{8} ·220^{0}
33·050 $=T_{0}$ 5·55828^{0}
51·360^{2} 52·109^{9} 37·080 +·108 $=$ corr. *v.* T_{0} — 720$^{7}=\Sigma$ corr. (IV. *b.* 12)
51·735^{1} Lock. $=-{\cdot}042^{6}$ 45·793 $=\Delta T$gen. — 304$^{1}=$ corr. *te*
37·043^{1} 45·901 $=\Delta T$norm. 5·54802$^{9}=D$. Gewicht $=\frac{1}{2}$*
ΔTobs. $=45{\cdot}908^{3}$
$\Delta\Delta T=+0{\cdot}007^{3}=1:6288$

25. VII. *A.* 8^{h}13^{m}; $E=25{\cdot}0$ p.; $U_{11}=-5{\cdot}0^{5}$; $Ba=5{\cdot}5^{mm}$.

63	1·4^{8}	2·1^{0}	55·1^{1}	52·4^{2}	48·5^{1}	43·8^{2}	corr.
60	41·0^{3}	23·8^{0}	32·4^{1}	17·1^{2}	23·4^{1}	10·6^{7}	—·049
57	20·0^{8}	46·0^{0}	8·7^{1}	41·5^{2}	57·3^{1}	37·7^{7}	
T. M. v. 7.	51·27^{7}	53·23^{1}	50·90^{9}	53·79^{3}	52·20^{5}	52·216	
ausgeglichen	52·40	52·05	52·15	52·49			

B. 9^{h}18^{m}; $E=31{\cdot}3$; $te=21{\cdot}14^{0}$; $m=61{\cdot}16$.

8·4^{9}	35·0^{1}	47·7^{3}	12·5^{2}	27·9^{6}	49·3^{8}	corr.
50·7^{9}	53·1^{3}	28·6^{3}	33·0^{1}	7·2^{1}	11·8^{3}	—·035
35·2^{9}	12·1^{1}	8·9^{3}	53·9^{1}	45·6^{6}	34·7^{8}	
37·55^{3}	39·06^{1}	38·17^{3}	38·93^{9}	38·58^{2}	38·547	
38·11	38·96	38·91	38·17			

C. 10^{h}32^{m}; $E=27{\cdot}3$; Stellung I.

63	27·4^{1}	21·0^{3}	20·2^{5}	—*	—	14·2^{1}	8·5^{6}	4·9^{8}	corr.
60	8·7^{1}	50·0^{3}	59·8^{5}	—	—	37·8^{4}	43·3^{1}	31·9^{8}	—·043^{5}
57	50·0^{8}	9·9^{3}	39·3^{5}	—	—	1·7^{9}	18·6^{6}	58·2^{8}	
T. M. v. 7.	51·20^{6}	53·89^{1}	—	—	51·68^{2}	53·87^{8}	52·715^{5}	52·672	
ausgeglichen	52·28	52·81	—	—	52·95	52·54			

$A=52{\cdot}216$ $C=52{\cdot}072$ $B=38{\cdot}547$ 4·058 5·55910^{4}
$U_{11}=-{\cdot}072^{5}$ $-{\cdot}072^{5}$ $-{\cdot}075^{1}$ 38·274 — 1973^{1}
Red. $=-{\cdot}220^{5}$ $-{\cdot}203$ $-{\cdot}198$
33·046 $=T_{0}$ 5·53943^{3}
51·923 52·330^{5} 38·273^{9} +·105$^{6}=$ corr. *v.* T_{0} — 720$^{7}=\Sigma$ corr.
52·129^{7} Lock. $=-{\cdot}022$ 45·792^{9} — 374 $=$ corr. *te*
38·251^{9} 45·958$^{5}=\Delta T$norm. 5·52848$^{6}=D$.
ΔTobs. $=46{\cdot}122^{2}$
$\Delta\Delta T=+0{\cdot}163^{7}=1:281{\cdot}8$ (v. 46·122)

* Hier war eine Unterbrechung, durch welche zwei Durchgänge ausfielen.

26. VII. *A.* 8^{h}0^{m}; $E=30{\cdot}0$; $U_{11}=-7{\cdot}0^{5}$; $Ba=5{\cdot}5^{mm}$.

63	47·3^{6}	15·5^{5}	23·4^{1}	55·4^{3}	58·0^{8}	30·1^{4}	corr.
60	5·5^{6}	55·9^{0}	43·2^{1}	33·9^{3}	21·0^{0}	12·5^{9}	—·038
57	24·0^{6}	37·3^{5}	3·6^{1}	12·9^{3}	43·4^{0}	48·6^{9}	
T. M. v. 7.	37·59^{1}	37·77^{6}	37·49^{1}	38·25^{3}	37·77^{8}	37·740	
ausgeglichen	37·81	37·54	37·74	37·94			

B. 9^{h}15^{m}; $E=31{\cdot}1$; $te=21{\cdot}73^{0}$; $m=60{\cdot}09$.

15·0^{5}	16·3^{1}	4·8^{8}	10·3^{2}	54·7^{3}	4·9^{8}	corr.
31·7^{5}	58·3^{3}	23·7^{8}	49·5^{0}	10·0^{0}	42·2^{8}	—·035
48·8^{5}	39·9^{1}	42·7^{8}	29·6^{8}	37·0^{5}	19·6^{8}	
51·91^{0}	51·81^{9}	52·20^{1}	52·57^{1}	52·10^{7}	52·070^{3}	
51·99	51·79	52·30	52·49			

C. 10^{h}14^{m}; $E=32{\cdot}3\,p$; Stellung I.

63	18·3^{1}	44·1^{8}	53·8^{3}	24·1^{9}	30·1^{2}	4·4^{1}	corr. (III. *a*)
60	35·1^{1}	20·5^{6}	13·3^{3}	4·3^{9}	50·6^{2}	42·0^{9}	—·034^{5}
57	52·0^{1}	8·2^{8}	31·9^{3}	43·9^{9}	12·5^{2}	20·1^{9}	
T. M. v. 7.	37·76^{1}	38·04^{9}	38·23^{0}	37·92^{6}	37·991^{5}	37·957	
ausgeglichen	37·75	38·06	38·22	37·94			

* Na. Im Gang des Regulators zeigte sich eine kleine Unregelmässigkeit. Die Curve, welche $U_{,}-U_{,,}$ darstellt, zeigt eine starke Krummung wie sonst nie; deshalb setzen wir das Gewicht $=\frac{1}{2}$.

V. *b*.

A = 37·740	C = 37·957	B = 52·070^3	4·639	5·55916^1
U_{11} = −·105	·105	·101^1	37·547	557^9 = D:996·4
Red. = −·182	·211	·342	32·908 = T_0	5·55358^5
37·453	37·641	51·626^9	+·093^1 = corr. v. T_0	− 720^7 = Σ
37·547		Lock. = −·012	45·792^9	− 427^6 = corr. te
		51·614^9	45·880 = ΔT norm.	5·54210^2 = D.

ΔT obs. = 45·932^1

$\Delta\Delta T$ = +0·046^1 = 1/996·4

1894. 9. VIII. *A*. 7^{h}33^m; E = 33·0 p.; U_{11} = −5·33^5 (für 24^h). *B*. 8^{h}32^m; E = 33·7; Ba = 4·4^{mm}; te = 20·54^0.

63	2·3^6	30·9^2	36·3^8	11·0^1	11·9^1	corr.	9·7^6	0·5^7	2·9^1	50·3^1	56·7^9	39·9^6	corr.
60	19·3^6	12·3^2	55·8^8	50·8^6	32·3^1	−·034	53·6^9	17·1^0	45·6^1	8·3^1	37·4^9	0·1^1	−·023^1
57	36·5^6	54·4^7	15·1^0	30·5^8	53·5^1		38·0^1	32·8^7	28·5^4	20·2^9	19·0^9	19·7^1	
T. M. v. 7.	36·38^3	38·36^7	30·88^6	37·50^0	37·466			51·96^9	51·50^1	52·66^7	51·64^1	51·79^5	51·771^6
ausgeglichen	37·21	37·50	37·79					51·81	51·07	51·89	51·83		

C. 9^{h}37^m; E = 34·0; m = 59·40; Stellung I.

63	9·9^6	19·6^1	49·3^2	55·4^1	28·9^7	30·8^9	corr. (III. *a*)
60	53·4^8	36·6^1	31·3^2	14·2^1	9·3^7	51·7^9	−·032
57	36·9^0	54·0^1	13·5^2	32·8^1	49·6^7	12·3^7	
T. M. v. 7.	38·15^7	37·41^4	37·90^7	37·56^3	37·76^0	37·728	
ausgeglichen	37·91	37·68	37·63	37·58			

A = 37·466	C = 37·728	B = 51·771^6	4·647	5·55916^1
U_{11} = −·080	−·080	−·077^3	37·290^2	− 1824^5
Red. = −·220	−·233^5	−·401	32·643^2 = T_0	5·54091^9
37·166	37·414^5	51·293^3	+·065^9 = corr. v. T_0	− 778^6 = Σ
37·290^2		Lock. = −·012^9	45·792^9	− 319^2 = corr. te
		51·280^1	45·858^8 = ΔT norm.	5·52994^1 = D.

ΔT obs. = 46·009^8

$\Delta\Delta T$ = +0·151^0 = 1/304·7 (v. 46·01)

10. VIII. *A*. 8^{h}13^m; E = 24·5 p.; U_{11} = −6·04^5. *B*. 9^{h}18^m; E = 28·2; te = 20·89^0; Ba = 4·0^{mm}.

63	38·6^1	17·8^1	13·0^0	58·5^6	48·1^5	39·1^6	corr.	11·7^8	18·2^7	1·3^2	11·6^5	51·3^8	5·7^0	corr.
60	1·1^1	54·6^7	38·5^0	32·7^3	14·9^5	9·9^6	−·056^2	30·8^5	58·4^2	21·9^5	50·1^8	13·6^8	42·3^5	−·039^3
57	23·9^1	30·5^7	3·0^0	6·0^3	42·8^5	41·5^8		49·8^5	38·6^7	43·0^2	28·4^5	36·7^8	18·4^7	
T. M. v. 7.	36·80^3	37·97^6	37·22^7	37·93^6	37·50^1	37·445^3			51·13^6	51·90^7	52·01^0	52·13^1	51·79^7	51·757^7
ausgeglichen	37·30	37·53	37·69	37·46					51·34	51·69	52·24	51·89		

C. 10^{h}22^m; E = 30·4; m = 59·68; Stellung III.

63	1·9^5	32·5^3	37·7^2	11·8^1	13·1^0	51·3^1	corr.
60	20·2^2	13·0^3	57·7^2	50·8^3	35·2^0	28·8^1	−·038^5
57	38·9^2	53·7^5	18·0^2	29·9^1	57·1^3	5·0^1	
T. M. v. 7.	37·46^1	37·95^6	37·56^0	37·59^7	37·64^1	37·605^5	
ausgeglichen	37·59	37·83	37·69	37·45			

A = 37·445^3	C = 37·605^5	B = 51·757^7	4·635	5·55916^1
U_{11} = −·100	−·100	−·096	37·271^3	− 1499^8
Red. = −·121^2	−·187	−·280^5	32·636^3 = T_0	5·54416^6
37·224^1	37·318^5	51·381^2	+·065^2 = corr. v. T_0	− 778^6 = Σ
37·271^3		Lock. = −·005^3	45·706^1	− 351^2 = corr. te
		51·375^9	45·771^6 = ΔT norm.	5·53286^8 = D.

ΔT obs. = 45·895^4

$\Delta\Delta T$ = +0·123^8 = 1/370·7

12. VIII. *A*. 8^{h}26^m; E = 32·4; U_{11} = −5·74^5. *B*. 9^{h}31^m; E = 30·3; Ba = 4·0^{mm}; te = 20·3^0.

63	50·3^0	10·4^3	25·2^1	54·9^8	59·4^8	34·4^1	corr.	45·5^2	41·5^0	35·0^0	34·5^8	25·2^0	27·6^8	corr.
60	7·5^0	57·9^0	43·8^9	35·5^3	20·8^5	12·4^1	−·035	59·6^5	20·5^7	51·1^0	17·9^5	42·6^0	9·4^3	−·024^1
57	25·3^0	39·8^3	2·6^9	15·8^3	41·4^6	50·4^1		14·5^5	11·1^7	7·1^0	1·1^5	59·6^3	50·9^3	
T. M. v. 7.	36·21^1	37·26^7	36·72^1	37·00^7	36·80^1^{5}	36·766^5			51·11^3	51·48^6	51·19^7	51·48^6	51·320^2	51·295^8
ausgeglichen	36·52	36·94	37·07	36·65					51·27	51·32	51·37	51·31		

V. *b.*

C. $10^{h}35^{m}$; $E=33\cdot1$; $m=59\cdot8$; Stellung III.

03	$58\cdot4^{8}$	$23\cdot8^{7}$	$34\cdot4^{8}$	$2\cdot6^{2}$	$9\cdot9^{7}$	$41\cdot5^{7}$	corr.
00	$15\cdot4^{5}$	$0\cdot2^{7}$	$52\cdot9^{8}$	$43\cdot7^{9}$	$29\cdot9^{6}$	$20\cdot9^{6}$	$-\cdot032^{9}$
57	$32\cdot0^{3}$	$48\cdot5^{7}$	$11\cdot6^{5}$	$24\cdot3^{6}$	$49\cdot9^{2}$	$59\cdot7^{0}$	

T. M. v. 7.	$37\cdot38^{9}$	$37\cdot35^{8}$	$37\cdot05^{7}$	$37\cdot30^{1}$	$37\cdot276^{1}$	**$37\cdot243^{5}$**
ausgeglichen	$37\cdot44$	$37\cdot31$	$37\cdot11$	$37\cdot25$	med.,	corr.

$A=36\cdot706^{5}$	$C=37\cdot243^{5}$	$B=51\cdot295^{8}$	$4\cdot031$	$5\cdot559161$
$U_{11}=-\cdot086^{3}$	$-\cdot086^{3}$	$-\cdot083$	$36\cdot702=T_{,,}$	-1630^{8}
Red. $=-\cdot212^{1}$	$-\cdot221^{2}$	$-\cdot323^{9}$	$32\cdot071=T_{0}$	$5\cdot542856$
$36\cdot467^{8}$	$36\cdot936^{0}$	$50\cdot888^{9}$	$+\cdot007^{4}=$ corr. *v.* T_{0}	$-\ 778^{6}=\Sigma$
$36\cdot701^{9}$		Lock. $=-\cdot035^{3}$	$45\cdot706^{4}=\Delta T$ gen.	$-\ 298=$ corr. *le*
		$50\cdot853^{6}$	$45\cdot713^{8}=\Delta T$ norm.	**$5\cdot532089=D$.**

ΔT obs. $=45\cdot848^{3}$

$\Delta\Delta T=+0\cdot134^{5}=1/340\cdot9$

14\. VIII. *A.* $8^{h}9^{m}$; $E=28\cdot2$ p.; $U_{11}=-5\cdot0^{8}$ (für 24^{h}).

03	$2\cdot0^{4}$	$44\cdot0^{1}$	$54\cdot3^{3}$	$33\cdot0^{6}$	$48\cdot0^{9}$	corr.
00	$42\cdot7^{4}$	$5\cdot0^{4}$	$32\cdot7^{5}$	$55\cdot7^{4}$	$24\cdot1^{7}$	$-\cdot038$
57	$23\cdot1^{6}$	$24\cdot7^{2}$	$12\cdot1^{3}$	$17\cdot3^{8}$	$1\cdot5^{7}$	

T. M. v. 7.	$50\cdot56^{9}$	$50\cdot49^{3}$	$51\cdot41^{1}$	$50\cdot74^{8}$	**$50\cdot710$**
ausgeglichen	$50\cdot33$	$50\cdot74$	$51\cdot15$		

B. $9^{h}3^{m}$; $E=35\cdot0$; $Ba=3\cdot6^{mm}$; $le=19\cdot14^{0}$.

$21\cdot1^{1}$	$46\cdot8^{0}$	$56\cdot1^{0}$	$25\cdot1^{0}$	$30\cdot5^{1}$	corr.
$37\cdot0^{9}$	$29\cdot7^{0}$	$13\cdot6^{9}$	$7\cdot0^{0}$	$50\cdot2^{3}$	$-\cdot029^{4}$
$53\cdot5^{9}$	$13\cdot0^{0}$	$31\cdot0^{0}$	$48\cdot5^{0}$	$9\cdot4^{1}$	

$36\cdot35^{9}$	$37\cdot02^{1}$	$36\cdot47^{1}$	$36\cdot71^{9}$	**$36\cdot689^{6}$**
$36\cdot64$	$36\cdot72$	$36\cdot79$		

C. $9^{h}57^{m}$; $E=33\cdot0$; Stellung III.

63	$35\cdot2^{1}$	$23\cdot4^{5}$	$27\cdot6^{9}$	$12\cdot6^{3}$	$20\cdot5^{4}$	corr.
00	$18\cdot3^{3}$	$41\cdot5^{5}$	$9\cdot6^{2}$	$31\cdot9^{3}$	$0\cdot6^{1}$	$-\cdot032^{3}$
57	$1\cdot8^{3}$	$59\cdot0^{5}$	$51\cdot1^{9}$	$51\cdot4^{8}$	$49\cdot3^{8}$	

T. M. v. 7.	$51\cdot06^{3}$	$50\cdot61^{7}$	$51\cdot01^{3}$	$50\cdot827^{5}$	**$50\cdot795^{2}$**
ausgeglichen	$50\cdot86$	$50\cdot83$	$50\cdot79$		

$A=50\cdot710$	$C=50\cdot795^{2}$	$B=36\cdot689^{6}$	$4\cdot648$	$5\cdot559164$
$U_{11}=-\cdot072^{5}$	$-\cdot072^{5}$	$-\cdot075$	$36\cdot367=T_{,,}$	-4130^{2}
Red. $=-\cdot280^{5}$	$-\cdot384^{5}$	$-\cdot247^{5}$	$31\cdot719=T_{0}$	$5\cdot517862$
$50\cdot357$	$50\cdot338^{2}$	$36\cdot367^{1}$	$-\cdot028^{8}=$ corr. T_{0}	$-\ 778^{6}=\Sigma$
$50\cdot347^{6}$		Lock. $=\cdot000$	$45\cdot706^{4}$ (*v.* III. c. 38)	$-\ 193^{5}=le$
		$36\cdot367^{1}$	$45\cdot677^{6}=\Delta T$ norm.	**$5\cdot508141=D$.**

ΔT obs. $=46\cdot019^{5}$

$\Delta\Delta T=+0\cdot341^{9}=1/134\cdot6$

Genauer $5\cdot514=D$, mit Gewicht $=0\cdot4$.*

19\. VIII. *A.* $8^{h}47^{m}$; $E=41\cdot5$; $U_{11}=-4\cdot0^{8}$.

64	$34\cdot5^{8}$	$33\cdot9^{3}$	$23\cdot2^{3}$	$20\cdot4^{0}$	$12\cdot3^{8}$	corr.
60	$51\cdot0^{6}$	$16\cdot0^{6}$	$41\cdot9^{6}$	$6\cdot4^{0}$	$32\cdot7^{8}$	$-\cdot034^{7}$
56	$8\cdot9^{2}$	$57\cdot5^{6}$	$1\cdot7^{3}$	$45\cdot9^{0}$	$53\cdot8^{5}$	

T. M. v. 7.	$50\cdot70^{6}$	$50\cdot39^{6}$	$50\cdot80^{8}$	$50\cdot576^{7}$	**$50\cdot542$**
ausgeglichen	$50\cdot53$	$50\cdot58$	$50\cdot62$		

B. $9^{h}41^{m}$; $E=39\cdot4$; $Ba=3\cdot6^{mm}$; $le=18\cdot3^{0}$.

$22\cdot6^{6}$	$30\cdot2^{3}$	$0\cdot9^{9}$	$5\cdot1^{5}$	$39\cdot3^{9}$	corr.
$3\cdot1^{9}$	$50\cdot5^{3}$	$39\cdot8^{4}$	$27\cdot1^{2}$	$16\cdot6^{9}$	$-\cdot039^{5}$
$43\cdot7^{9}$	$10\cdot8^{3}$	$18\cdot6^{9}$	$49\cdot0^{5}$	$53\cdot0^{9}$	

$36\cdot58^{1}$	$36\cdot59^{6}$	$36\cdot69^{1}$	$36\cdot617^{5}$	**$36\cdot578$**
$36\cdot56$	$36\cdot62$	$36\cdot67$		

C. $10^{h}34^{m}$; $E=36\cdot4$; Stellung III; $m=60\cdot02$.

64	$33\cdot2^{0}$	$38\cdot2^{5}$	$22\cdot9^{4}$	$31\cdot3^{1}$	$11\cdot8^{9}$	corr.
60	$53\cdot4^{3}$	$17\cdot5^{2}$	$44\cdot1^{9}$	$8\cdot4^{1}$	$35\cdot4^{2}$	$-\cdot045$
56	$13\cdot7^{8}$	$56\cdot2^{5}$	$6\cdot9^{9}$	$45\cdot1^{1}$	$0\cdot0^{7}$	

T. M. v. 7.	$51\cdot02^{4}$	$51\cdot00^{4}$	$50\cdot88^{8}$	$50\cdot98^{0}$	**$50\cdot935$**
ausgeglichen	$51\cdot05$	$50\cdot98$	$50\cdot91$		

$A=50\cdot542$	$C=50\cdot935$	$B=36\cdot578$	$4\cdot650$	$5\cdot559161$
$U_{11}=-\cdot058$	$-\cdot058$	$-\cdot060$	$36\cdot204^{5}=T_{,,}$	-4517^{6}
Red. $=-\cdot608$	$-\cdot467^{5}$	$-\cdot313^{5}$	$31\cdot554^{5}=T_{0}$	$5\cdot513988$
$49\cdot876$	$50\cdot409^{5}$	$36\cdot204^{5}$	$-\cdot045^{7}=$ corr. *v.* T_{0}	$-\ 778^{6}=\Sigma$
$50\cdot142^{7}$		Lock. $=-\cdot027$	$45\cdot706^{4}$	$-\ 117^{5}=$ corr. *le*
		$36\cdot177^{5}$	$45\cdot660^{7}=\Delta T$ norm.	$5\cdot505027$
				$+\ 4020$ Corr. v. Schale [1] (v. N^{a}. zu 22. VIII)
				$5\cdot545227=D$, Gewicht $=0\cdot75$.

ΔT obs. $=46\cdot034^{8}$

$\Delta\Delta T=+0\cdot374^{1}=1/123\cdot0$

* N^{a}. Bei *A* zeigen sich kleine Unregelmässigkeiten, welche aus sich das Resultat um ca. $0\cdot007$ beeinflussen. Wird A_{1} bei Seite gelassen, dann wird $T_{A}=50\cdot554$, und $D=$ **$5\cdot51925$**, doch mit geringerem Gewicht, weil zu wenig (4) Durchgänge. Also der wahrscheinlichste Werth $=D=$ ca. **$5\cdot514$** mit Gewicht $=$ **$0\cdot4$**.

V. *b.* 1894. 22. VIII. *A.* $9^{h}13^{m}$; $E=36\cdot0$; $U_{11}=-2\cdot07^{8}$.

04	$50\cdot3^{7}$	$4\cdot1^{0}$	$28\cdot5^{8}$	$39\cdot1^{2}$	$0\cdot3^{8}$	corr.
60	$29\cdot2^{7}$	$26\cdot5^{2}$	$5\cdot8^{5}$	$2\cdot9^{2}$	$41\cdot1^{3}$	$-\cdot046^{7}$
50	$7\cdot9^{5}$	$48\cdot8^{0}$	$42\cdot0^{2}$	$27\cdot9^{0}$	$15\cdot7^{0}$	

T. M. v. 7.	$35\cdot98^{3}$	$36\cdot82^{3}$	$35\cdot85^{1}$	$36\cdot37^{0}$	$36\cdot323^{3}$
ausgeglichen	36·41	36·37	36·33	med., correct.	

B. $10^{h}12^{m}$; $E=38\cdot0$; $Ba=3\cdot6^{mm}$; $te=17\cdot10^{0}$.

$27\cdot1^{1}$	$20\cdot8^{8}$	$16\cdot3^{6}$	$12\cdot0^{0}$	$5\cdot3^{0}$	corr.
$46\cdot0^{1}$	$0\cdot2^{6}$	$37\cdot1^{8}$	$50\cdot1^{0}$	$28\cdot1^{0}$	$-\cdot039$
$5\cdot1^{3}$	$40\cdot7^{8}$	$58\cdot0^{0}$	$28\cdot5^{5}$	$51\cdot1^{8}$	

$51\cdot11^{0}$	$49\cdot62^{1}$	$51\cdot12^{3}$	$50\cdot369^{2}$	$50\cdot330^{2}$
50·40	50·37	50·34	med., corr.	

C. $11^{h}6^{m}$; $E=42\cdot2$; Stellung III; $m=61\cdot07$.

04	$28\cdot6^{8}$	$49\cdot4^{5}$	$6\cdot4^{8}$	$24\cdot6^{0}$	$45\cdot0^{4}$	$59\cdot3^{8}$	corr.
60	$11\cdot2^{2}$	$7\cdot0^{5}$	$47\cdot7^{0}$	$44\cdot3^{2}$	$23\cdot9^{1}$	$21\cdot0^{8}$	$-\cdot035^{4}$
56	$54\cdot0^{0}$	$25\cdot8^{5}$	$28\cdot9^{0}$	$4\cdot7^{2}$	$2\cdot8^{4}$	$42\cdot9^{8}$	

T. M. v. 7.	$36\cdot37^{3}$	$37\cdot01^{7}$	$36\cdot14^{3}$	$36\cdot80^{7}$	$36\cdot584^{7}$	$36\cdot549^{3}$
ausgeglichen	36·68	36·70	36·48	36·45		

$A=36\cdot323^{3}$ $C=36\cdot549^{3}$ $B=50\cdot330^{2}$ $4\cdot677$
$U_{11}=-\cdot040$ $\cdot040$ $\cdot038^{6}$ $36\cdot086$
Red. $=-\cdot261^{7}$ $\cdot359$ $\cdot510$
$31\cdot409=T_{0}$
$36\cdot021^{6}$ $36\cdot150^{3}$ $49\cdot781^{6}$ $-\cdot060^{6}=$ corr. *v.* T_{0}
$36\cdot085^{9}$ Lock. $=-\cdot000^{1}$ $45\cdot706^{1}$ (*v.* III. c. 38)
$49\cdot775^{2}$ $45\cdot645^{8}=\Delta T$ norm.
ΔT obs. $=46\cdot310^{7}$
$+0\cdot664^{9}=1/09\cdot7$

$5\cdot559161$
$-7980^{1}=D{:}09\cdot7$.
$5\cdot47936^{0}$
$+4020=$ corr. v. Schale v. Na. *
$5\cdot51956$
$-778^{6}=\Sigma$
$-14^{5}=$ corr. *te*
$5\cdot511629=D$, Gewicht $=0\cdot8$.

NB. Das Gewicht $=0\cdot8$, weil weniger Durchgänge beobachtet wurden.

24. VIII. *A.* $7^{h}57^{m}$; $E=36\cdot0$; $U_{11}=-8\cdot0^{8}$ (für 24^{h}).

04	$15\cdot3^{0}$	$31\cdot1^{1}$	$53\cdot2^{0}$	$6\cdot1^{7}$	$31\cdot1^{3}$	corr.
60	$54\cdot4^{0}$	$53\cdot5^{3}$	$29\cdot8^{8}$	$30\cdot0^{2}$	$5\cdot9^{2}$	$-\cdot040^{8}$
50	$33\cdot1^{0}$	$15\cdot1^{1}$	$6\cdot8^{0}$	$54\cdot9^{2}$	$40\cdot9^{2}$	

T. M. v. 7.	$35\cdot57^{1}$	$37\cdot12^{1}$	$36\cdot15^{1}$	$39\cdot491^{7}$	$36\cdot450^{9}$
ausgeglichen	36·17	36·49	36·81		

B. $8^{h}51^{m}$; $E=39\cdot0$; $Ba=3\cdot6^{mm}$; $te=18\cdot1^{0}$.

$7\cdot5^{8}$	$58\cdot5^{2}$	$57\cdot3^{7}$	$50\cdot8^{3}$	$47\cdot3^{6}$	corr.
$24\cdot8^{7}$	$39\cdot2^{8}$	$17\cdot0^{7}$	$29\cdot4^{3}$	$9\cdot3^{6}$	$-\cdot037$
$44\cdot7^{5}$	$19\cdot0^{0}$	$37\cdot7^{7}$	$8\cdot3^{3}$	$31\cdot1^{4}$	

$51\cdot92^{1}$	$50\cdot47^{6}$	$51\cdot82^{0}$	$51\cdot173^{5}$	$51\cdot136^{5}$
51·20	51·17	51·09		

C. $9^{h}45^{m}$; $E=41\cdot0$; Stellung III; $m=60\cdot32$.

64	$20\cdot4^{0}$	$40\cdot8^{0}$	$58\cdot4^{1}$	$10\cdot0^{7}$	$36\cdot9^{2}$	corr.
60	$2\cdot1^{6}$	$0\cdot2^{5}$	$38\cdot3^{7}$	$37\cdot5^{0}$	$14\cdot7^{7}$	$-\cdot037^{2}$
50	$43\cdot4^{8}$	$19\cdot6^{7}$	$17\cdot8^{7}$	$39\cdot0^{5}$	$52\cdot0^{1}$	

T. M. v. 7.	$36\cdot13^{1}$	$37\cdot42^{9}$	$36\cdot44^{1}$	$36\cdot86^{0}$	$36\cdot822^{8}$
ausgeglichen	36·68	36·86	37·04		

$A=36\cdot450^{9}$ $C=36\cdot822^{8}$ $B=51\cdot136^{5}$ $4\cdot022$
$U_{11}=-\cdot120$ $\cdot120$ $\cdot116$ $36\cdot216$
Red. $=-\cdot261^{7}$ $\cdot339^{7}$ $\cdot554^{6}$
$31\cdot594=T_{0}$
$36\cdot069^{2}$ $36\cdot363^{1}$ $50\cdot465^{9}$ $-\cdot041^{6}=$ corr. *v.* T_{0}
$36\cdot216^{2}$ Lock. $=-\cdot013^{1}$ $45\cdot706^{1}$ (*v.* III. c. 38)
$50\cdot452^{8}$ $45\cdot664^{8}=\Delta T$ norm.
ΔT obs. $=45\cdot763^{4}$
$\Delta\Delta T=+0\cdot098^{6}=1/464\cdot1$

$5\cdot559161$
1197^{8}
$5\cdot54718^{6}$
$-778^{6}=\Sigma$
$-99^{3}=$ corr. *te*
$5\cdot538407=D$, Gewicht $=0\cdot75$.

NB. Das Gewicht $=0\cdot75$, weil weniger Durchgänge beobachtet.

27. VIII. *A.* $8^{h}1^{m}$; $E=43\cdot0$ p.; $U_{11}=-17\cdot0^{8}$.

64	$59\cdot2^{6}$	$50\cdot9^{0}$	$51\cdot8^{1}$	$47\cdot2^{8}$	$44\cdot9^{3}$	$37\cdot7^{9}$	corr.
60	$42\cdot5^{6}$	$14\cdot7^{2}$	$33\cdot3^{1}$	$0\cdot6^{5}$	$25\cdot2^{8}$	$58\cdot3^{7}$	$-\cdot032^{3}$
56	$26\cdot1^{4}$	$31\cdot9^{0}$	$14\cdot8^{9}$	$25\cdot7^{0}$	$5\cdot6^{3}$	$19\cdot7^{9}$	

T. M. v. 7.	$56\cdot75^{3}$	$52\cdot05^{7}$	$51\cdot75^{3}$	$52\cdot09^{0}$	$51\cdot663^{3}$	$51\cdot631$
ausgeglichen	51·13	51·66	52·17	51·65		

B. $9^{h}14^{m}$; $E=39\cdot5$; $Ba=3\cdot3^{mm}$; $te=18\cdot70^{0}$.

$40\cdot3^{6}$	$9\cdot5^{1}$	$22\cdot6^{2}$	$48\cdot2^{3}$	$57\cdot6^{1}$	$27\cdot0^{2}$	corr.
$5\cdot1^{6}$	$49\cdot4^{5}$	$42\cdot8^{7}$	$26\cdot7^{3}$	$20\cdot2^{1}$	$3\cdot5^{0}$	$-\cdot038^{5}$
$23\cdot8^{6}$	$30\cdot2^{3}$	$3\cdot1^{2}$	$5\cdot5^{3}$	$42\cdot5^{1}$	$40\cdot0^{2}$	

$37\cdot71^{3}$	$37\cdot10^{6}$	$37\cdot54^{1}$	$36\cdot62^{0}$	$37\cdot243^{5}$	$37\cdot205$
37·36	37·48	37·15	37·03		

C. $10^{h}22^{m}$; $E=35\cdot5$; Stellung I; $m=60\cdot00$.

64	$26\cdot1^{9}$	$17\cdot7^{0}$	$19\cdot6^{1}$	$7\cdot4^{2}$	$12\cdot7^{9}$	corr.
60	$5\cdot3^{3}$	$38\cdot9^{6}$	$56\cdot5^{3}$	$31\cdot1^{1}$	$47\cdot4^{6}$	$-\cdot046^{3}$
56	$44\cdot3^{1}$	$1\cdot1^{6}$	$34\cdot0^{9}$	$54\cdot5^{2}$	$23\cdot2^{2}$	

T. M. v. 7.	$51\cdot42^{9}$	$51\cdot91^{4}$	$50\cdot99^{1}$	$51\cdot501^{5}$	$51\cdot515^{2}$
ausgeglichen	51·76	51·56	51·36		

* Von 19. VIII. bis 23. VIII. fehlte die hintere Schale, welche aus Versehen nicht eingehängt war. Die Correction für diese Störung berechnete ich $=0\cdot0402$. Doch hat diese Beobachtung nur das Gewicht $=0\cdot75$, weil nur 5 Durchgänge beobachtet wurden anstatt der gewöhnlichen 6, und weil diese Correction nicht vollkommen genau ist.

V. *b*

$A = 51{\cdot}631$	$C = 51{\cdot}515^2$	$B = 37{\cdot}205$	$4{\cdot}031$	$5{\cdot}55910^1$
$U_{11} = -{\cdot}240$	${\cdot}246$	${\cdot}255$	$36{\cdot}035$	723^8
Red. $= -{\cdot}053^6$	${\cdot}444^7$	${\cdot}315$	$32{\cdot}004 = T_0$	$5{\cdot}55192^6$
$50{\cdot}731^1$	$50{\cdot}824^5$	$36{\cdot}035$	${\cdot}000 =$ corr.	$-\ 778^6 = \Sigma$
	$50{\cdot}777^9$	Lock. $= -{\cdot}004^5$	$45{\cdot}792^9 = \Delta T$ norm.	$-\ 153^5 =$ corr. k
		$36{\cdot}630^5$		$5{\cdot}54260^5 = D$. Gewicht $= 0{\cdot}9$.

ΔT obs. $= 45{\cdot}852^6$

$\Delta\Delta T = +0{\cdot}059^7 = 1{\cdot}768$

NB. Das Gewicht $= 0{\cdot}9$, weil bei C der erste Durchgang gefehlt wurde, und weil der Uhrgang U_{11} etwas unsicher.

Die Resultate der Oscillationsbeobachtungen sind also:

1892 21. 4.	$D = 5{\cdot}51339^7$	Gewicht 1	1894 24. 7.	Stell. I	$D = 5{\cdot}54802^9$	Gewicht 0·5
22. »	3725^8	1	25. »	I	2848^6	1
24. »	2205^1	1	26. »	I	4210^2	1
25. »	1436^2	1	9. 8.	I	2994^1	1
27. »	3787^9	1	10. 8.	III	3286^8	1
28. »	1699^8	1	12. »	III	3208^9	1
29. »	2018^4	1	14. »	III	1400	0·4
1. 6.	3327^3	1	19. »	III	4522^7	0·75
2. »	0941^2	0·9	22. »	III	1162^9	0·8
3. »	1200	0·9	24. »	III	3840^7	0·75
5. »	2618^1	0·9	27. »	I	4260^5	0·9
6. »	2785^9	0·9				
8. 10.	2644	0·5				
9. »	1604^1	1				
13. »	3783^7	1				

Hieraus ergeben sich die Mittelwerthe:

a. 1892 $D = 5{\cdot}52343^8 \pm 0{\cdot}00259$ m. F.

a. 1894 $\quad = 5{\cdot}53356^8 \pm 0{\cdot}00322$ » »

und a. 1894 nach Stellung I und III getrennt:

a. 1894 Stell. I $D = 5{\cdot}53702^0 \pm 0{\cdot}00367$ m. F.

» » III $D = 5{\cdot}53033^7 \pm 0{\cdot}00510$ » »

VI. Schlussresultat und allgemeine Bemerkungen.

Wir haben also im Ganzen 46 (47) mit demselben Apparat angestellte, sonst aber von einander unabhängige Beobachtungen. Die Resultate derselben sind bereits angegeben (sup. V. *a.* fin. und V. *b.* fin.); sie liegen sämmtlich zwischen den Grenzen 5·5094 und 5·5511. Werden dieselben ohne Rücksicht auf Gewichte vereinigt, so kommt als Mittelwerth

$$D = 5{\cdot}52904 \pm 0{\cdot}00162 \text{ (m. F.)}, \tag{1}$$

die Maximal-Abweichung beträgt 0·0220, d. h. $^1/_{250}$ oder 0·4 Procent vom Ganzen, und der mittlere Fehler von einer Beobachtung ist $= 0{\cdot}01097$ oder rund $= 0{\cdot}011$.

Die Gewichte der einzelnen Beobachtungen sind nun aber sicher nicht gleich, und wenn dieselben richtig bestimmt würden, könnte an Genauigkeit wohl noch gewonnen werden, so dass der wahrscheinliche Fehler nur etwa die Hälfte von dem jetzigen betragen würde. Ich denke diese Arbeit noch auszuführen, obgleich sie sehr mühsam und ihr Nutzen möglicherweise nur gering ist. Einstweilen habe ich nur einige Gewichte, wo es am nothwendigsten schien, nach roher Schätzung beigefügt. Mit Rücksicht auf dieselben ergibt sich der Mittelwerth

$$D = 5{\cdot}52852 \pm 0{\cdot}00146 \text{ (m. F.)}, \tag{2}$$

und der mittlere Fehler einer Beobachtung ist $= 0{\cdot}00999^5$, oder rund $= 0{\cdot}01$.

VI. Doch diese Werthe sind etwas zu klein, weil bei denselben die kleineren Resultate von 1892 wegen der grösseren Anzahl zu stark ins Gewicht fallen, während im Gegentheil die Resultate von 1894 ein grösseres Gewicht haben sollten. Es ist offenbar, dass bei den einzelnen Beobachtungsgruppen systematische Fehlerquellen vorkommen, und diese sind gewiss für a. 1894 als kleiner anzusehen als a. 1892. Sowohl die Einstellung des Apparates, als auch die Messungen der Abweichungen von der normalen Anordnung (Excentricität, Fehler des Azimuths und der Drehung u. s. w.) waren 1894 mit weit grösserer Sorgfalt ausgeführt als 1892. Die Resultate müssen also nach Gruppen in Rechnung gebracht werden, und den Beobachtungen von 1894 kann denen von 1892 gegenüber wahrscheinlich das doppelte Gewicht gegeben werden. Auch ist das Gewicht einer Deflexionsbeobachtung durchschnittlich wohl gleich dem doppelten Gewicht einer Oscillationsbeobachtung.

Wir haben also die vier Hauptgruppen:

Deflexionsbeobachtungen 1. 1892, $D = 5\cdot53128^{5} \pm 0\cdot00293$; 2. 1894, $D = 5\cdot52892^{1} \pm 0\cdot00164$ (m. F.);
Oscillationsbeobachtungen 3. » $D = 5\cdot52343^{3} \pm 0\cdot00259$; 4. » $D = 5\cdot53356^{8} \pm 0\cdot00323$ » . (3)

Die Gewichte sind nach den angegebenen Grundsätzen 22, 36, 15, 22; und damit erhalten wir

$$D = 5\cdot52967^{8} \pm 0\cdot00184 \text{ (m. F.).} \tag{4}$$

Aber es scheint, dass man einige Rücksicht auch auf die bei den einzelnen Gruppen a posteriori gefundenen mittleren Fehler nehmen solle; und ferner sollten die auf systematischen Fehlerquellen beruhenden Abweichungen — soweit möglich, wenigstens schätzungsweise — von den zufälligen gesondert werden. Ich verfuhr deshalb so: Zunächst wurden den vier Gruppen die Gewichte gegeben, welche den einfach systematischen Fehlern entsprechen, nämlich 1, 2, 1, 2. Damit findet man den m. F. der Gewichtseinheit und auch den systematischen m. F. jedes der vier Resultate. Die Quadrate derselben sind 24·16, 12·08, 24·16, 12·08 (in Einheiten der dritten Decimale, d. i. t). Diese vereinigte ich nun mit den Quadraten der m. F. aus n. 3., welche den zufälligen Fehlern entsprechen. Dadurch ergaben sich die verbesserten Gewichte $1\cdot04^{7}$, $2\cdot32^{0}$, $1\cdot11^{1}$, $1\cdot52^{2}$, und hiemit gibt die Rechnung

$$D = 5\cdot52949^{4} \pm 0\cdot00198 \text{ (m. F.).} \tag{5}$$

Dies Verfahren wurde noch etwas — wie mir scheint — verbessert, indem ich die Abweichungen der vier Werthe von dem wahrscheinlichsten Endresultat zu $^{2}/_{3}$ den systematischen Fehlern zuschrieb, und zu $^{1}/_{3}$ den zufälligen. Danach wären die vier Werthe richtiger: $5\cdot53072^{3}$, $5\cdot52914^{7}$, $5\cdot52548^{9}$, $5\cdot53224^{5}$. Mit diesen wurde dann in derselben Weise verfahren wie in (5), wodurch die Gewichte $1\cdot04^{3}$, $2\cdot49^{4}$, $1\cdot15^{6}$, $1\cdot30^{7}$ sich ergaben. Daraus folgt dann

$$D = 5\cdot52939^{1} \pm 0\cdot00130. \tag{6}$$

Die drei Rechnungsmethoden weichen nicht viel von einander ab, und als wahrscheinliches Hauptresultat können wir annehmen $D = 5\cdot52952^{1}$. Doch wahrscheinlich wird der Wahrheit noch näher gekommen, wenn wir etwas abgerundet setzen

$$D = \mathbf{5\cdot529450}. \tag{7}$$

Und dies deshalb, weil unter den Fehlerquellen welche zu klein sind, als dass sie mit Sicherheit gemessen werden könnten, einige sind, welche das Resultat in jedem Fall etwas zu gross gestalten, mag der Fehler selbst in plus oder in minus stattfinden. Dahin gehört namentlich der kleine Unterschied in den Höhen der Massen und Kugeln. Da nun diese kleinen Fehler doch sicher nicht genau $= 0$ sind, so folgt, dass das Schlussresultat wegen dieser Fehlerquellen ein klein wenig zu gross sein muss (Höhendifferenzen $= 0\cdot3\,mm$ würden die Correction $= -0\cdot00008$ verlangen).

Einstweilen nehmen wir also an

$$D = \mathbf{5\cdot52945} \pm 0\cdot0019 \text{ (m. F.)}, \ \pm 0\cdot0012 \text{ (w. F.).} \tag{8}$$

Der wahrscheinliche Fehler dieses Resultates ist $=$ ca. $^{1}/_{5000}$ oder $^{1}/_{50}$ Procent des Ganzen. Doch darf hiebei nicht übersehen werden, dass in der ganzen Untersuchung auch noch einige kleine systematische Fehlerquellen enthalten sein können. Die wichtigste derselben ist ohne Zweifel darin gelegen, dass die

»Dämpfung« nicht mit der Genauigkeit bestimmt werden kann, welche wünschenswerth wäre, und ebenso — obgleich in geringerem Maasse — die »Reduction« und die »Lockerung« (cf. sup. IV. *b.* 1., 2. und 3.). Der hiedurch bedingte Fehler könnte im Maximum möglicherweise auf ca. 0·0030 steigen, aber der wahrscheinliche Fehler wird weniger als 0·001 betragen. Werden also auch die zufälligen und die systematischen Fehler zusammengenommen, so bleibt doch der »mittlere Fehler« und a fortiori der »wahrscheinliche Fehler« noch bedeutend unter 1 Promille oder $^1/_{10}$ Procent des Ganzen. Man wird wohl als mittleren Fehler $\pm 0\cdot 0025$ und als wahrscheinlichen Fehler $\pm 0\cdot 0017$ annehmen können, sonach mit gutem Grund $D = \mathbf{5\cdot 52945 \pm 0\cdot 0017}$ (w. F.). VI.

Aus denselben Rechnungen ergeben sich auch leicht die Mittelwerthe für die Deflexions- und Oscillationsbeobachtungen separat. Es wurde gefunden:

$$\begin{array}{lll} \text{Aus Deflexionsbeobachtungen} & D = 5\cdot 52969^2, \text{ mit der Correction (n. 7)} & D^d = \mathbf{5\cdot 52962^1}. \\ \text{» Oscillationsbeobachtungen} & D = 5\cdot 52927^5, \text{ « » » »} & D_0 = \mathbf{5\cdot 52920^4}. \end{array} \tag{9}$$

Der Unterschied dieser beiden Hauptresultate ist also nur = ca. $0\cdot 00041^7$ oder $^1/_{13260}$ des Ganzen Diese Differenz ist so über Erwartung gering, dass ich nicht umhin kann, noch eigens und auf das gewissenhafteste zu versichern, dass dieser günstige Umstand in keinerlei Weise durch künstliche Mittel herbeigeführt wurde, sondern in vollkommen objectiver Weise aus den Beobachtungen sich ergab. Alle Rechnungen sind ohne irgend eine Prävention durchgeführt worden, und mein einziges Ziel war stets dem objectiv richtigen Werth möglichst nahe zu kommen. Diese Übereinstimmung ist auch nicht immer so günstig gewesen. Bis wenige Tage vor Schluss der ganzen Arbeit fand ich vielmehr immer das Hauptresultat der Oscillationsbeobachtungen um ca. 0·0025 grösser als das der Deflexionsbeobachtungen. Und damit gab ich mich vollkommen zufrieden, indem ich diese Übereinstimmung für ganz hinreichend ansah. Erst bei einer letzten Revision der Reinschrift entdeckte ich, dass ich bei der Σ der Correctionen für Oscillationsbeobachtungen die letzte Correction $= -5\cdot 0796\,\Delta m$ von der Querexcentricität ganz übersehen hatte. Nachdem dieses letzte Versehen corrigirt war, wurde die Differenz so über Erwarten gering. Einiger Zufall wird dabei ohne Zweifel mitgespielt haben, aber sicher nicht eine absichtliche künstliche Dehnung der Resultate.

Auch die beiden Jahresmittel von 1892 und 1894 stimmen in ganz befriedigender Weise unter sich überein. Es ergibt sich nämlich das

$$\begin{array}{lll} \text{Mittel für 1892} & D = 5\cdot 52777^2, \text{ mit der Correction (n. 7.)} & D_{92} = \mathbf{5\cdot 52770^1}. \\ \text{» » 1894} & D = 5\cdot 53055^3, \text{ » » »} & D_{94} = \mathbf{5\cdot 53048^2}. \end{array} \tag{10}$$

Der Unterschied beträgt fast genau $^1/_{2000}$ des Ganzen. —

Aus der ganzen Arbeit, mit der ich nun wohl vertraut geworden bin, glaube ich herauszufühlen, dass ganz dieselben Methoden und derselbe Apparat aus sich auch eine noch weiter gehende Genauigkeit zu bieten im Stande wären, wenn auch nicht Quarzfäden verwendet werden. Hätte ich die Arbeit noch einmal zu thun, so würde ich mit weniger als einem Viertel der angewandten Mühe zu Stande kommen und doch eine erheblich grössere Genauigkeit erreichen. Doch ist immerhin ersichtlich, dass das Ziel, welches mir bei den vorausgehenden Hoffnungen vorschwebte, eine Genauigkeit bis auf $^1/_{10}$ Procent zu gewinnen, als einigermassen vollständig erreicht angesehen werden kann.

Sobald es mir möglich sein wird, denke ich noch nachträglich einige Discussionen anzustellen, durch welche auch aus diesen Beobachtungen, wie sie vorliegen, eine etwas weitergehende Genauigkeit erzielt werden dürfte. Namentlich möchte ich die Gewichte aller einzelnen Beobachtungen nach bestimmten rationellen Regeln und Kriterien bestimmen und thunlichst genau berechnen, und ferner möchte ich — was noch wichtiger ist — wenigstens für die Oscillationsbeobachtungen die Chronographenstreifen durchgehends zur Verwendung bringen. Der wahrscheinliche Fehler wird dann höchstens ca. $\pm 0\cdot 001$ werden.

Die vorliegende Arbeit lässt leicht erkennen, dass in Bezug auf Genauigkeit die Deflexionsmethode der Oscillationsmethode überlegen ist. Allein, es ist anderseits auch nicht zu verkennen, dass bei jener

VI. stärkere systematische Fehler leichter vorkommen können. Namentlich ist ihre Leistungsfähigkeit wesentlich abhängig von der Genauigkeit, mit welcher der Winkelwerth der Scala bestimmt wird, und ferner ist die elastische Nachwirkung für dieselbe von weit grösserem Einfluss als für die Oscillationsmethode. Die Elimination dieser beiden Fehlerquellen ist mir über Erwarten gut gelungen, und nur deshalb glaube ich, dass die Resultate jener Methode vor denen der Oscillationsmethode wirklich einen Vorzug besitzen.

Es ist mir aber sehr wahrscheinlich, dass, wenn der Apparat in geeigneter Weise abgeändert wird, das Verhältniss sich umkehren wird. Ich möchte in dieser Hinsicht vorschlagen, dass die Versuche mit einem ganz ähnlichen Apparat, aber nur von etwa $^6/_{10}$ der Grösse und mit Benützung eines Suspensionsfadens von Quarz durchgeführt würden. Der Arm der Wage würde aus Aluminiumdraht von $^1/_2$ *mm* Dicke bestehen (dieser Draht müsste vor der Verarbeitung mit feinen Strichen für jedes Centimeter versehen werden, so dass es nachher leicht wäre, für jedes Centimeter die Distanz von der Mitte genau zu bestimmen, und somit sowohl das Trägheitsmoment als auch den Gravitationseffect des Armes durch Rechnung genau zu ermitteln) und mit den Kugeln (à 10 bis 12 *gr*) weniger als 30 *gr* wiegen. Ich habe schon Quarzfäden durch die Güte der »Scientific Instrument Company« in Cambridge erhalten, mit der Angabe, dass die stärkeren derselben 30 *gr* recht gut tragen können. Doch unvorhergesehene äussere Schwierigkeiten hinderten mich an der Ausführung; und jetzt bin ich vorläufig nicht im Stand, die Arbeit in dieser Richtung weiter zu führen. Das Vacuum müsste bis auf 0·2 *mm* oder noch vollkommener hergestellt werden, was mit einer Quecksilberluftpumpe keine Schwierigkeit bietet (im September 1894 und bis im Jänner 1895 war in meinem Recipienten der Luftdruck beständig ganz nahe an 0 *mm*, jedenfalls weit unter 0·5 *mm*). Dann würden brauchbare Schwingungen viele Stunden, vielleicht Tage lang anhalten, ohne elastische Nachwirkung, ohne Dämpfung und fast ohne alles Decrement, und die Reduction könnte dann mit weit grösserer Sicherheit bestimmt werden. Sonach würden die Schwingungszeiten fast mit astronomischer Genauigkeit berechnet werden können. Ohne Zweifel würde dann die Oscillationsmethode bei weitem die Deflexionsmethode übertreffen. Eine Genauigkeit wenigstens bis auf $^1/_{100000}$ wäre dann sicher zu erreichen, wie sie nach der Deflexionsmethode — hauptsächlich wegen der Unsicherheit des Scalenwerthes, und auch weil die Deflexion selbst nicht mit der hiezu erforderlichen Genauigkeit (bis auf ca. $^1/_{200000}$) gemessen werden könnte, — wohl niemals wird erreicht werden können. Bei einem solchen kleineren Apparat könnte vielleicht der Gang der Lichtstrahlen für die Ablesung viel einfacher gestaltet werden, indem das Beobachtungsrohr direct durch ein Fenster der Glocke auf den Centralspiegel gerichtet würde; und die complicirte Vorrichtung zur Einstellung des Index auf die Mitte der Scala wäre vielleicht bei Benützung eines Quarzfadens nicht nothwendig, oder wenn sie doch nothwendig sein sollte, könnte bei einem kleineren Apparat derselbe Zweck in weit einfacherer Weise erreicht werden.

Nachdem nun der genauere Werth D für die mittlere Dichte der Erde bestimmt ist, können daraus — wie in der Einleitung besprochen wurde — auch genauere Werthe für C und M nach den dort gegebenen Formeln leicht berechnet werden. Es ist sonach:

Mittlere Dichte der Erde . . . $D = 5\cdot52945 \pm 0\cdot0017$ (w. F.).

Masse der Erde . . . . $M = 5^{\mathrm{IV}}989431^{\mathrm{III}}\,kg$ oder fast 6 Quatrillionen Kilogramme. (11)

Der wahrscheinliche Fehler ist $= \pm 1840$ Trillionen Kilogramme.

Gravitationsconstante . . . . $C = 665\cdot5213.10^{-10}$ (im *CGS*-System).

Interessant ist es, die bei diesen Versuchen untersuchten Kräfte nach ihrer absoluten Grösse näher zu betrachten. Die Attractionskraft ist $= Mm\,C:d^2$, was bei den Deflexionsbeobachtungen $= 0\cdot00031$ *dynen* ist, bei den Oscillationsbeobachtungen $= 0\cdot00045\,\delta$, also im Allgemeinen rund = ca. $^1/_{2400}$ *mgr*. Beide Massen bewirken $^1/_{1200}$ *mgr*. Das ist nun an sich schon etwa 2 mal weniger, als an den feinsten chemischen Wagen überhaupt wahrgenommen werden kann. Bei den obigen Versuchen wird aber die Kraft nicht nur wahrgenommen, sondern auch bei den einzelnen Beobachtungen bis auf ca. 0·011 m. F., d. i. auf ca. $^1/_{500}$ genau gemessen. Man könnte also sagen, dass die oben beschriebenen Versuche in Hinsicht auf Genauigkeit etwa 1000 mal weiter gehen als mit den feinsten chemischen Wagen erzielt werden kann. Bei den feinsten Wagen wird eine Empfindlichkeit auf $1:10^8$ kaum je erreicht. Hier aber ist VI. die Empfindlichkeit $= {}^1/_{500} \cdot {}^1/_{1200} \cdot {}^1/_{108000}$ ($108\,gr =$ das Gewicht der 2 Kugeln); dieselbe ist also ca. 650 mal weiterreichend (allerdings erst nach Aufwendung einer 40—50 mal längeren Arbeit).

Diese Betrachtung wird von einiger Wichtigkeit, sofern sie allein schon hinreichen dürfte, um zu zeigen, dass für die Bestimmung der Gravitationsconstante nichts erspriessliches zu hoffen ist von Experimenten, welche mit Wagen ausgeführt werden, oder bei denen überhaupt die Gravitationseffecte in directem Vergleich mit der Schwere bestimmt werden sollen. Was in dieser Hinsicht von Prof. Poynting geleistet wurde, ist so bewundernswerth, dass man kaum hoffen kann in dieser Richtung noch erheblich weiter zu kommen (cf. Phil. Trans. vol. 182, p. 556—656). Und dennoch sind die von ihm erzielten Resultate weit entfernt, eine besonders grosse Genauigkeit aufzuweisen. Die Resultate bewegen sich nämlich zwischen den Grenzen 4·4 und 7·1, welche etwa 55 mal weiter auseinanderliegen als bei den oben angeführten mit der Drehwage gewonnenen Resultaten; und der mittlere Fehler von einer Beobachtung Poynting's ist $= \pm 0 \cdot 497$ (cf. VJS. d. astr. Ges. 1889. Heft 1. p. 26), d. i. 9 Procent vom Ganzen, während der m. F. von einer der oben beschriebenen Beobachtungen nur etwa 0·01, d. h. ca. 50 mal geringer ist (cf. sup. VI, 2). — Für die von Prof. Joly ausgeführten feinen Wägungen gilt ganz dasselbe; ebenso auch für die sehr interessanten Arbeiten von Wilsing (cf. VJS. d. astr. Ges. 1889, p. 28 u. 31).

Nach allen diesen Rechnungen und nach den von anderen Physikern, namentlich von Prof. C. V. Boys (Phil. Trans. vol. 186, p. 1 ...) geleisteten vortrefflichen Arbeiten könnte man nun denken, dass die hier gestellte Aufgabe richtig und genau gelöst und diese Sache erledigt sei.

Das scheint nun aber in aller Strenge doch nicht der Fall zu sein. Allerdings könnte man vom rein wissenschaftlichen Standpunkt aus, für welchen das Newton'sche Gravitationsgesetz $q = M.m.C:r^2$ als absolut genau gilt, die Frage als einigermassen abgethan ansehen. Allein vom naturphilosophischen Standpunkt aus gibt es doch noch ein gewichtiges Fragezeichen. Denn zunächst sind die Gründe, welche für die Richtigkeit des Gravitationsgesetzes sprechen, weit entfernt, eine absolute Genauigkeit desselben zu beweisen, und anderseits gibt es auch gute Gründe, welche einen Zweifel rechtfertigen, und zwar sowohl hinsichtlich der Factoren M und m, als des Factors $1/r^2$. Es ist nämlich erstens nicht unwahrscheinlich, dass für infra-mikroskopische Distanzen die Anziehungskraft stärker sei, als der Formel entspricht. Denn mit dieser Annahme würde eine Aussicht eröffnet, dass auch die Molecularkräfte auf die Gravitation zurückgeführt werden könnten, so dass die etwas unnatürlich scheinende Nothwendigkeit, mehrere heterogene Anziehungskräfte annehmen zu müssen, entfiele; — und zweitens nachdem die einzige einigermassen haltbare mechanische Erklärung der Gravitation diese auf Stösse der Ätheratome zurückführen muss, scheint es ganz unausweichlich, dass für enorm grosse Massen die Attraction kleiner sein müsse, als die Formel angibt. Allerdings wird der Unterschied nicht so bedeutend sein, dass bei diesen Versuchen selbst ein grösseres oder kleineres Resultat sich ergäbe, je nachdem grössere oder kleinere Massen verwendet würden. Allein, wenn aus dem Verhalten so winzig kleiner Massen ein Schluss auf die ganze Erde gezogen wird, welche eine fast quatrillionfach grössere Masse besitzt, könnte es doch sein, dass man da zu einem Resultat geführt würde, welches um 2, 5 ..., vielleicht um 20 Procent in minus von der Mehrheit abwiche.

Ob man in dieser Frage jemals zu einem sicheren Aufschluss gelangen werde, scheint sehr zweifelhaft. Ich habe einigemale einen Weg angedeutet, auf welchem ein solcher möglicherweise erzielt werden könnte (cf. »Berichte von d. erzbischöfl. Haynald'schen Observatorium.« Münster 1886, p. 178). Die Ausführung der geplanten Untersuchung würde aber eine sehr schwierige Arbeit, und die Aussicht auf Erfolg ziemlich fraglich sein. —

Inhalt.

	Seite
Vorwort	37 [18]
I. Einleitung	4 [188]
II. Apparate	4 [188]
a) Hauptapparat	5 [189]
b) Nebenapparate	8 [192]
1. Für die Distanz *AB*	8 [192]
2. » » Armlänge *ab*	8 [192]
3. » » Anregung der Schwingungen	9 [193]
4. » » Justirung der Mittellage	9 [193]
5. Kathetometer	10 [194]
6. Diopter-Schiene	10 [194]
7. Id. für Querexcentricität	11 [195]
8. » » Azimuthfehler	11 [195]
9. Uhr und Sextant	11 [195]
10. Chronograph	11 [195]
11. Luftpumpe	12 [196]
12. Weckvorrichtung	12 [196]
13. Thermometer, Barometer	12 [196]
c) Constanten des Apparates	12 [196]
1. *AB*	12 [196]
2. *ab*	12 [196]
3. Massen *M*	13 [197]
4. Kugeln *m*	13 [197]
5. Trägheitsmoment	13 [197]
6. Torsionskraft des Drahtes	13 [197]
7. Scalenwerth	13 [197]
III. Methoden	15 [199]
a) Allgemeines	15 [199]
b) Deflexionsmethode	17 [201]
c) Oscillationsmethode	21 [205]
Reduction	26 [210]
IV. Correctionen	27 [211]
a) Für die Deflexionsmethode	27 [211]
1. Von der elastischen Nachwirkung	27 [211]
2. Dämpfung	32 [216]
3. Reduction	32 [216]
4. Gestalt der Massen	32 [216]
5. Haken	33 [217]
6. Suspensionsvorrichtung	33 [217]
7. Ebonite	33 [217]
8. Temperatur	34 [218]
9. Querexcentricität	34 [218]
10. Reduction der Scala	34 [218]
11. Luftverdrängung	35 [219]
12. Drehungsfehler	35 [219]
13. Azimuthfehler	36 [220]
14. Asymmetrie der Schwingungen	36 [220]
15. Übersicht	37 [221]
b) Für die Oscillationsmethode	37 [221]
1. Dämpfung	37 [221]
2. Reduction	38 [222]
3. »Lockerung«	39 [223]
4. Gestalt der Massen	40 [224]
5. Haken	40 [224]
6. Suspensionsvorrichtung	40 [224]
7. Ebonite	40 [224]
8. Temperatur	41 [225]
9. Luftverdrängung	41 [225]
10. Azimuthfehler	41 [225]
11. Querexcentricität	42 [226]
12. Übersicht	42 [226]
c) Andere Umstände	42 [226]
1. Die Mauern	42 [226]
2. Die Tripodbeine	43 [227]
3. Kopf des Beobachters	43 [227]
4. Chronograph-Gewicht	43 [227]
5. Magnetismus	44 [228]
V. Beobachtungen und Resultate	44 [228]
a) Deflexionsbeobachtungen	44 [228]
a. 1892	44 [228]
NB. Correctur der Ruhelage durch Curven	46 [230]
a. 1894	52 [236]
Übersicht	57 [241]
b) Oscillationsbeobachtungen	57 [241]
a. 1892	58 [242]
a. 1894	65 [249]
Übersicht	69 [253]
VI. Schlussresultat und allgemeine Bemerkungen	69 [253]

NB. Zeichenerklärungen: $\mu\delta$ S. 13 [197]; $T^{\cdot}$ $T^{:}$ $T^{\vdots}$ S. 20 (19) [204] od. S. 39 [223]; $T_{,} T_{,,} T_{,,,}$ S. 21 [205]; *dm*, *t* S. 27 [211].

Nachtrag.

Die »Dämpfung« wurde in Obigem mit einer etwas zu geringen Genauigkeit bestimmt, so dass dadurch die Sicherheit der Resultate stark beeinträchtigt wurde, vielleicht stärker als durch alle anderen Fehlerquellen zusammengenommen, und ein möglicher Fehler $= 0 \cdot 003 =$ ca. $^1/_{1800}$ vom Ganzen zu fürchten war (cf. sup. p. 38 [222] und 71 [255]). Nun ist es schwierig, in diesem Punkt eine auch nur mässige Genauigkeit zu erzielen. Eine für diesen Zweck bestimmte genauere Methode (sup. p. 38 N^{a}.), bei welcher die ganze Schwingung in 20 Theile zerlegt werden sollte, konnte ich noch nicht durchführen. Aber die nur angenäherte Berechnung, auf welcher die oben angegebene Correction beruht, kann doch erheblich feiner durchgeführt werden; und überdies leidet sie an einem Versehensfehler*, von welchem sie corrigirt werden kann.

Die Dämpfung besteht aus zwei Theilen, von denen der eine (α) durch den Widerstand der Luft bewirkt wird, der andere (β) durch die elastische Nachwirkung (sup. p. 37. IV. b. 1). Um den letzteren angenähert zu bestimmen, wurde die ganze Schwingung in 4 Theile zerlegt gedacht. Durch 4 oder 5 Minuten befindet sich der schwingende Arm ganz in der Nähe der grössten Elongation. Es besteht da eine Spannung, durch welche eine elastische Nachwirkung entsteht; und diese kann (nach der Curve *A*, Taf. II) bestimmt werden. Aus der hiedurch bewirkten Schwächung der Directionskraft, wurde die Zunahme der Schwingungszeit berechnet, wobei die Verlangsamung in jenen 4 bis 5 Minuten selbst als gering angenommen wurde. Nun zeigte sich aber, dass gerade in der Nähe der Extremstellungen die Verlangsamung eine besonders starke ist. Um hierin wenigstens eine mässige Genauigkeit zu erzielen, wurde die ganze Schwingung in 8 Theile zerlegt, und für jeden derselben der Einfluss der elastischen Nachwirkung bestimmt (theils nach Curve *A*, theils nach einer der Curve D^1 ähnlichen aber steileren »Abklingungscurve«). So ergab sich nun durch eine etwas complicirte Discussion, dass die Dämpfung β nicht $= 0^s35$, sondern $= 0^s70 \pm 0 \cdot 08$ anzunehmen sei. Und auch dieser Werth gilt nur für ein mittleres $T = 1272^s$. Für eine Änderung an T ändert sich auch die Dämpfung $\mathfrak{D}_\beta$ in gleichem Sinne, aber in einem stärkeren Verhältniss. Dieses wurde mehrfach sorgfältig bestimmt und mit hinreichender Sicherheit $= {}^{11}/_8$ oder $1 \cdot 375$ gefunden. Der Betrag der Dämpfung $\mathfrak{D}_\beta$ ergibt sich hienach

$$\text{für } T_{II} = 1298^s,\ \mathfrak{D}_\beta = 0^s70 \,.\, (1 + {}^{26}/_{1272} \,.\, {}^{11}/_8) = 0 \cdot 70 \,.\, 1 \cdot 028105 = 0^s719674,$$
$$\text{»}\quad T_I = 1252^s,\ \mathfrak{D}_\beta = 0^s70 \,.\, (1 - {}^{20}/_{1272} \,.\, {}^{11}/_8) = 0 \cdot 70 \,.\, 0 \cdot 978381 = 0^s684866.$$

Für den ersten Theil (α) der Dämpfung ist dagegen in Obigem ein etwas zu grosser Werth angegeben worden. Derselbe kann verhältnismässig genauer bestimmt werden. Die Beobachtungen selbst ergeben nämlich das Decrement (d) der Schwingungen bei verschiedenem Luftdruck (B) und Schwingungszeit (T); und hieraus kann die ganze Dämpfung ($\mathfrak{D}$) berechnet werden, allerdings zunächst in der Annahme, dass dieselbe durch den Luftwiderstand allein bewirkt werde. Es ist nämlich

a. 1892	bei $B = 16^{mm}$,	$T_{II} = 1298^s$,	$d = 1 \cdot 07185$,	$\mathfrak{D} = 0^s31655$	$d_m = 1 \cdot 07057$,	$\mathfrak{d}_m = 1 \cdot 07057$
»	» »	$T_I = 1252$,	» $1 \cdot 0693$,	» $0 \cdot 28473$		
1894 *a*	» $5 \cdot 5^{mm}$,	$T_{II} = 1298$,	» $1 \cdot 0555$,	» $0 \cdot 19189$	$d_m = 1 \cdot 0543$,	$\mathfrak{d}_m = 1 \cdot 05220$
»	» »	$T_I = 1252$,	» $1 \cdot 0531$,	» $0 \cdot 16964$		
1894 *b*	» $3 \cdot 5^{mm}$,	$T_{II} = 1298$,	» $1 \cdot 04734$,	» $0 \cdot 14057$	$d_m = 1 \cdot 04660$,	$\mathfrak{d}_m = 1 \cdot 04869$.
»	» »	$T_I = 1252$,	» $1 \cdot 04586$,	» $0 \cdot 12748$		

* Die Curve *D* ist durch ein unbemerkt gebliebenes Versehen des Lithographen etwas unrichtig, indem alle Ordinaten mit Ausnahme des Anfangs um genau 1' zu gross sind.

Hieraus kann geschlossen werden, dass dem Luftdruck $= 0$ das Decrement $d =$ ca. $1 \cdot 04257$ entsprechen würde. Unter dieser Annahme können die d_{m} ausgeglichen werden, wodurch die $\mathfrak{d}_{m}$ erhalten werden. Aus diesen ergibt sich nun der Bruchtheil, welchen das Decrement und somit auch die Dämpfung $\mathfrak{D}_{\alpha}$, welche thatsächlich durch den Luftwiderstand bewirkt wird, von dem berechneten $\mathfrak{D}$ bildet. Dieser Bruchtheil ist nämlich

$$\text{a. } 92, = \frac{7057-4257}{7057} = 0 \cdot 39677\,; \quad \text{a. } 94a, = \frac{5220-4257}{5220} = 0 \cdot 18448; \quad \text{a. } 94b, = \frac{4869-4257}{4869} = 0 \cdot 12569$$

Nach diesen Vorbereitungen kann die Correctionsrechnung leicht durchgeführt werden. Es ist nämlich die ganze Dämpfung $\mathfrak{D}_t = \mathfrak{D}_\alpha + \mathfrak{D}_\beta$

$$\left.\begin{array}{l} \text{a. } 1892 \text{ für } T_{\prime\prime} = 1298^s,\ \mathfrak{D}_t'' = 0 \cdot 719674 + 0 \cdot 39677\ .\ 0 \cdot 31655 = 0^s 845271 \\ \text{» » } T_{\prime} = 1252^s,\ \mathfrak{D}_t' = 0 \cdot 684866 + 0 \cdot 39677\ .\ 0 \cdot 28473 = 0 \cdot 797838 \end{array}\right\} 0^s 047433$$

» » $T_0 =$ ca. 1293^s findet man hieraus durch Interpolation (sup. III. *c.* n. 34) $\mathfrak{D}_t'' = 0^s 840480$.

Für die Deflexionsbeobachtungen ist also $\Delta T_0 = -0^s 840480$; im Obigen wurde aber angenommen $\Delta T_0 = -0^s 588$ (IV. a. n. 15). Der Überschuss ist $= -0^s 2525$; und dies gibt die noch fehlende Correction $= -0 \cdot 2525 : 646 \cdot 5 = -0 \cdot 0003906 = -3 \cdot 906\, dm = \mathbf{-2 \cdot 160}\, t$.

Für die Oscillationsbeobachtungen ist $\Delta(T_{\prime\prime} - T_{\prime}) = -0^s 047433$ für das $\Delta\Delta T$ observatum, was gleichbedeutend ist mit $+0^s 047433$ am $\Delta\Delta T$ normale. Die »Correction von T_0« (sup. III. c. n. 33) gibt aber $\Delta\Delta T_{\text{norm}} = -0 \cdot 104\ .\ 0 \cdot 84048 = -0^s 08741$. Beides vereint gibt also $\Delta\Delta T_{\text{norm}} = -0^s 039977$. Dies mit $46 \cdot 3$ (mittleres ΔT für 1892) dividirt, gibt die Correction $= -8 \cdot 6344\, dm$. Früher war angenommen worden $-3 \cdot 04\, dm$ (IV. c. n. 12); also ist die noch restirende Correction $= -5 \cdot 594\, dm = \mathbf{-3 \cdot 093}\, t$.

$$\left.\begin{array}{l} \text{a. } 1894a \text{ für } T'' = 1298^s,\ \mathfrak{D}_t'' = 0 \cdot 719674 + 0 \cdot 18448\ .\ 0 \cdot 19189 = 0^s 755074 \\ \text{» » } T' = 1252^s,\ \mathfrak{D}_t' = 0 \cdot 684866 + 0 \cdot 18448\ .\ 0 \cdot 16964 = 0 \cdot 716161 \end{array}\right\} = 0^s 038913$$

» » $T^0 =$ ca. 1293^s gibt die Interpolation $\mathfrak{D}_t'' = 0^s 751144$.

Für die Deflexionsbeobachtungen wurde früher angenommen $\Delta T_0 = -0^s 485$ (IV. a. n. 15). Der Überschuss gibt die neue Correction $= (0 \cdot 751144 - 0 \cdot 485) : 646 \cdot 5 = -4 \cdot 120\, dm = \mathbf{-2 \cdot 276^4}\, t$.

Für die Oscillationsbeobachtungen ist $\Delta\Delta T = -0^s 038913$ für $\Delta T_{\text{obs.}}$, während die »Correction von T_0« gibt $-0 \cdot 104\ .\ 0 \cdot 75114 = -0 \cdot 078119 = \Delta\Delta T_{\text{norm}}$; also zusammen $\Delta\Delta T_{\text{norm}} = -0 \cdot 039206$. Durch Division mit $46 \cdot 0$ kommt die Correction $= 8 \cdot 523\, dm$; früher war $-3 \cdot 945\, dm$ angenommen; also ist die neue Correction $= -4 \cdot 578\, dm = \mathbf{-2 \cdot 532}\, t$.

$$\left.\begin{array}{l} \text{a. } 1894\,b \text{ für } T'' = 1298^s,\ \mathfrak{D}_t'' = 0 \cdot 719674 + 0 \cdot 12569 . 0 \cdot 14057 = 0^s 737342 \\ \text{» » } T' = 1252\ ,\ \mathfrak{D}_t' = 0 \cdot 684866 + 0 \cdot 12569 . 0 \cdot 12748 = 0^s 700889 \end{array}\right\} \Delta = 0 \cdot 036453$$

» $T^0 =$ ca. 1293, gibt die Interpolation $\mathfrak{D}_t'' = 0^s 733660$.

Für die Deflexionsbeobachtungen wurde früher $\Delta T_0 = -0^s 440$ angenommen (IV. *a* 15). Der Überschuss $= -0^s 29366$ gibt mit $646 \cdot 5$ dividirt, die Corr. $= -4 \cdot 542\, dm = \mathbf{-2 \cdot 512}\, t$.

Für die Oscillationsbeobachtungen ist $\Delta\Delta T_{\text{obs.}} = -0^s 036453$, während aus ΔT^0 folgt $\Delta\Delta T_{\text{norm.}} = -0 \cdot 104 . 0 \cdot 73366 = -0 \cdot 076300$; also zusammen $\Delta\Delta T_{\text{norm}} = -0 \cdot 039847$, was mit $45 \cdot 9$ (mittlerer ΔT für 1894 *b*) dividirt, die Correctur $= -8 \cdot 6814\, dm$ gibt. Da früher $-4 \cdot 99\, dm$ gesetzt war (IV. *b* 15), so bleibt noch die Corr. $= -3 \cdot 691\, dm = \mathbf{-2 \cdot 041}\, t$.

Aus den Correctionen 94*a* und 94*b* folgen die mittleren Correctionen für 1894 nach dem Verhältniss der Gewichte (V. *a.* fin. und V. *b.* fin.), für Deflex. $= \mathbf{-2 \cdot 441}\, t$, für Oscill. $= \mathbf{-2 \cdot 198}\, t$ Nun hatten wir früher die vier Hauptwerthe (VI. 3, mit der kleinen Correction VI. 7).

	Deflex. 1892	94	Oscill. 1892	94
	5·531214	5·528850	5·523362	5·533497
Corr. =	2160	2441	3093	2198
also *D* corrigirt =	5·529054	5·526409	5·520269	5·531299

Aus diesen vier Hauptwerthen kann das definitive D auch ohne die obigen Umwege hinreichend genau gefunden werden, indem von den vier Correctionen nach dem Verhältnisse der Gewichte ($1 \cdot 16^2$, $2 \cdot 36^3$, $1 \cdot 07^1$, $1 \cdot 40^6$ nach VI. 3., 4., 5.) das Mittel genommen wird, nämlich Corr. med. $= -2 \cdot 446^5 t$. Früher hatten wir $D = 5 \cdot 52945$, also ist richtiger $D = 5 \cdot 527003 \pm$ ca. $0 \cdot 0014$. Hieraus können auch M und C genauer bestimmt werden.

Es ist sonach

Die mittlere Dichte $= D = 5 \cdot 52700 \pm$ ca. $0 \cdot 0014$ w. F.

Die Masse der Erde $= M = 5^{\mathrm{IV}} 986781$ Trillionen Kilogramme.

Der wahrscheinliche Fehler ist nahezu $= \pm 30$ Trillionen Centner.

Die Gravitationsconstante $= C = 665 \cdot 816 . 10^{-10}$, $\pm 0 \cdot 168 . 10^{-10}$ w. F.

Falls für die Schwerkraft und die Dimensionen der Erde etwas andere Werthe als die oben in der Einleitung angegebenen angenommen werden müssten, würden auch an D und M sehr kleine Änderungen sich ergeben, welche leicht zu bestimmen wären. Aber die Gravitations-Constante ist hievon unabhängig und kann sonach mit etwas mehr Recht als fixe Zahl gelten.

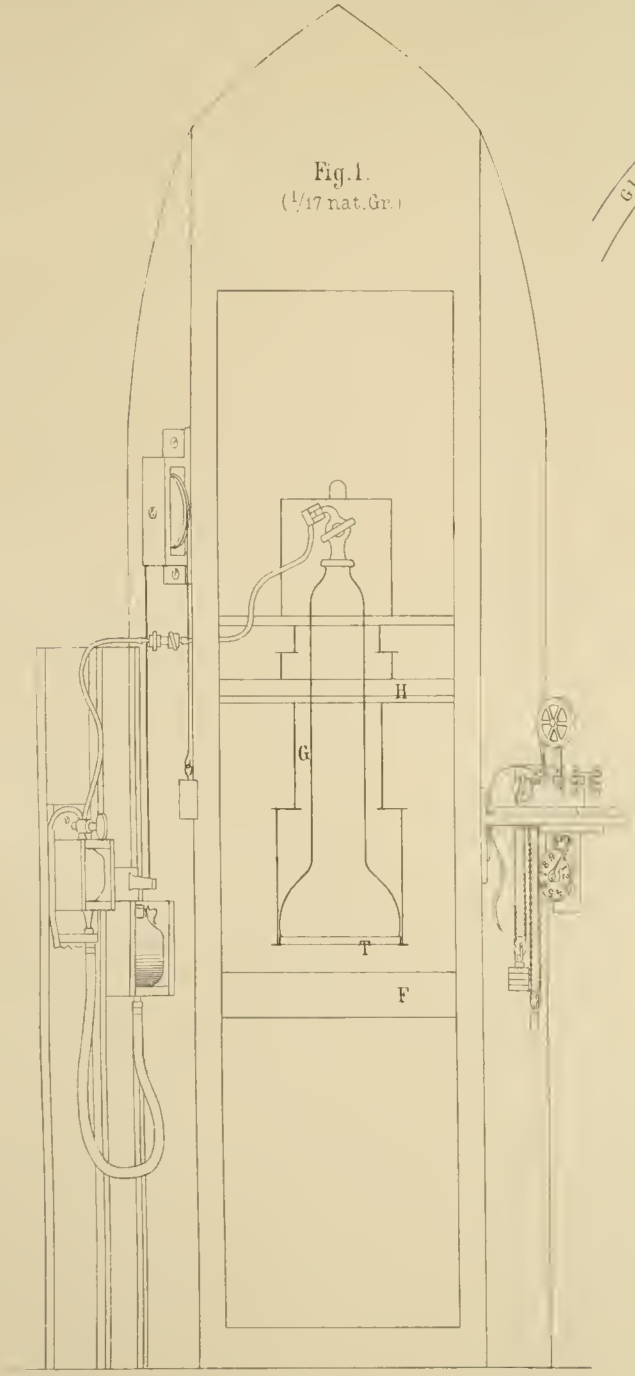


Fig. 1.
($^1/_{17}$ nat. Gr.)

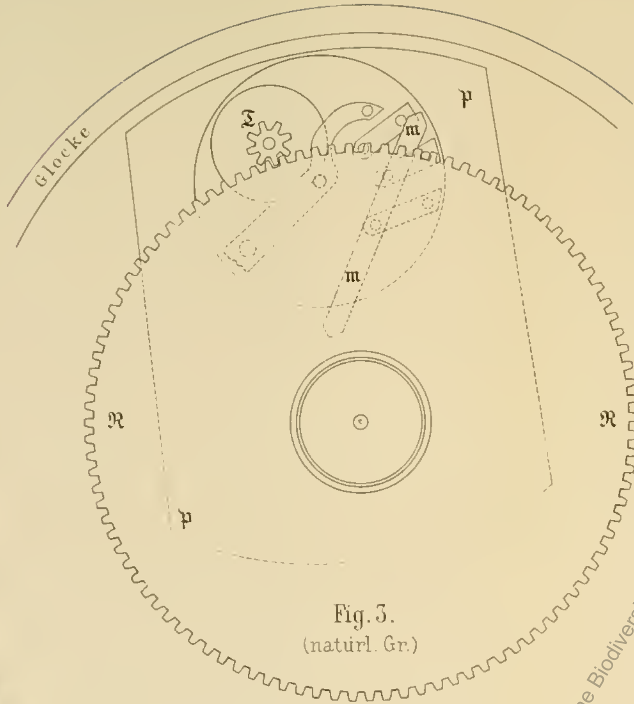


Fig. 3.
(natürl. Gr.)

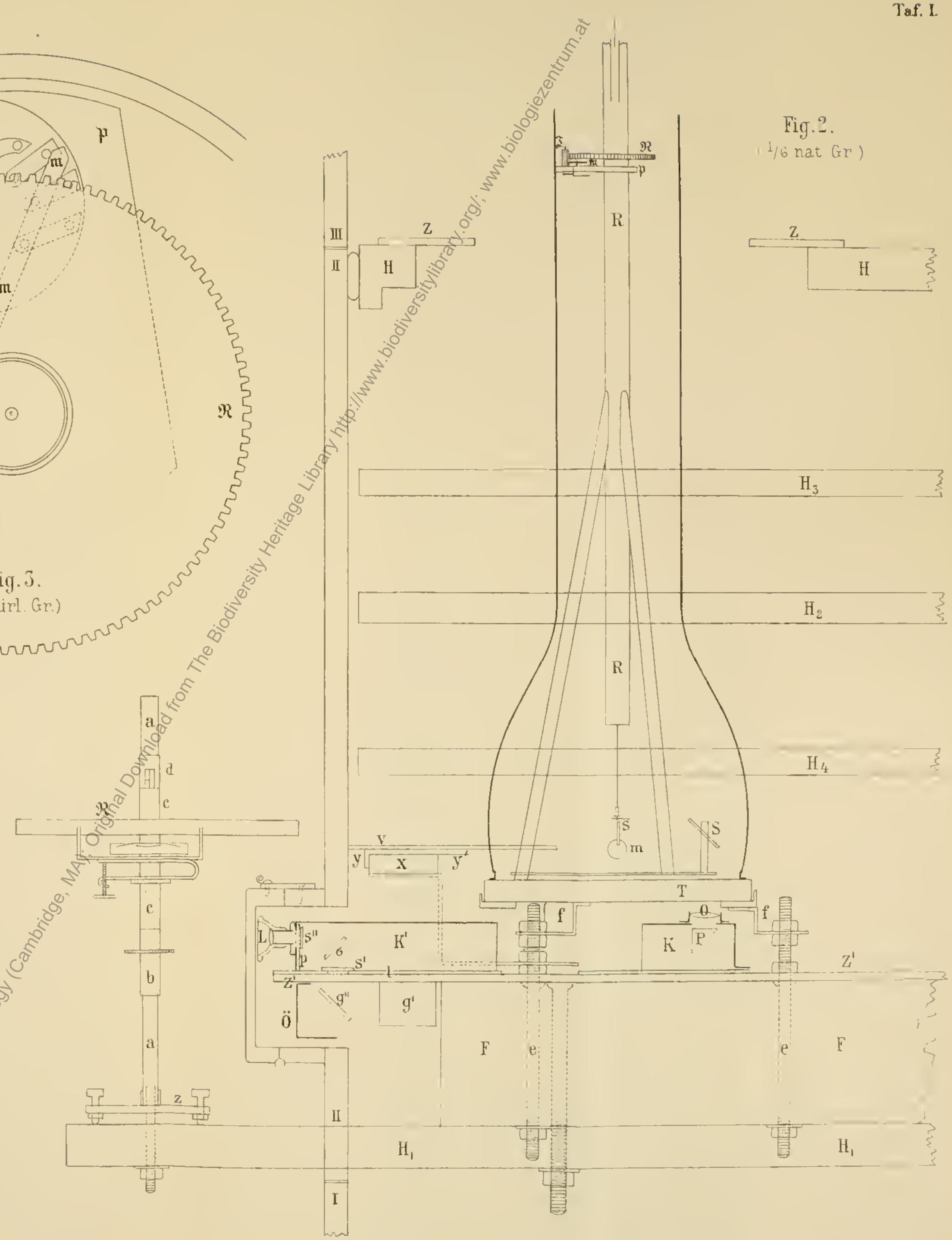


Fig. 2.
($^1/_6$ nat. Gr.)

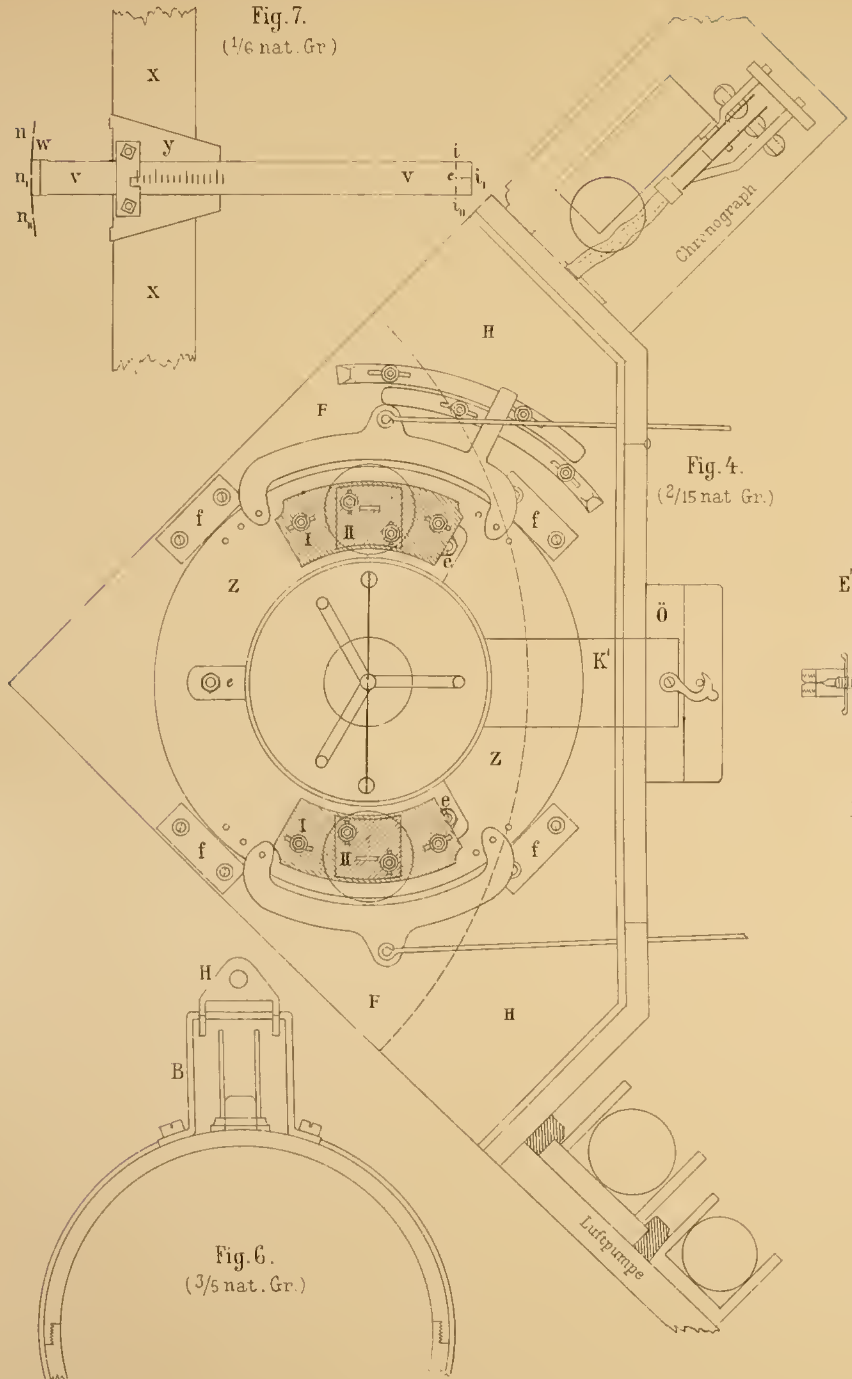


Fig. 7.
(1/6 nat. Gr.)

Fig. 4.
(2/15 nat. Gr.)

Fig. 6.
(3/5 nat. Gr.)

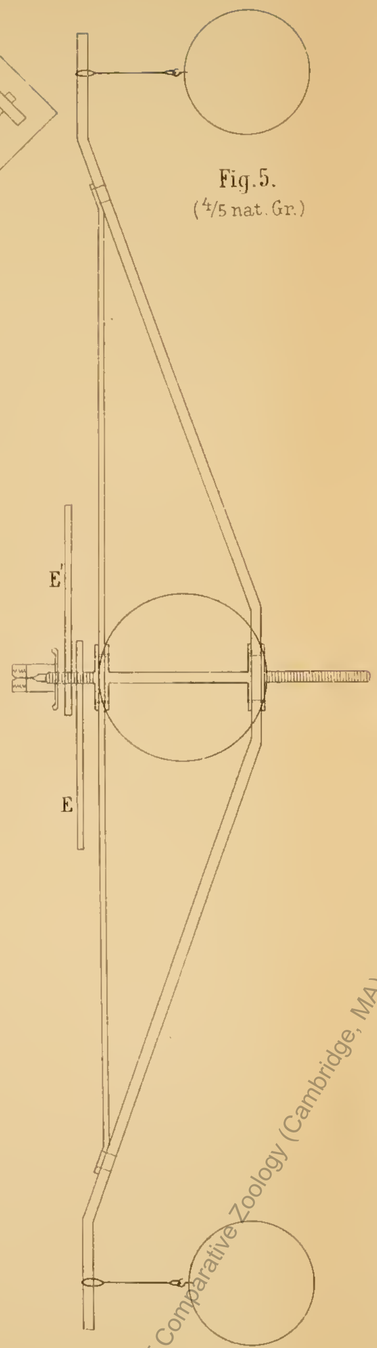


Fig. 5.
(4/5 nat. Gr.)

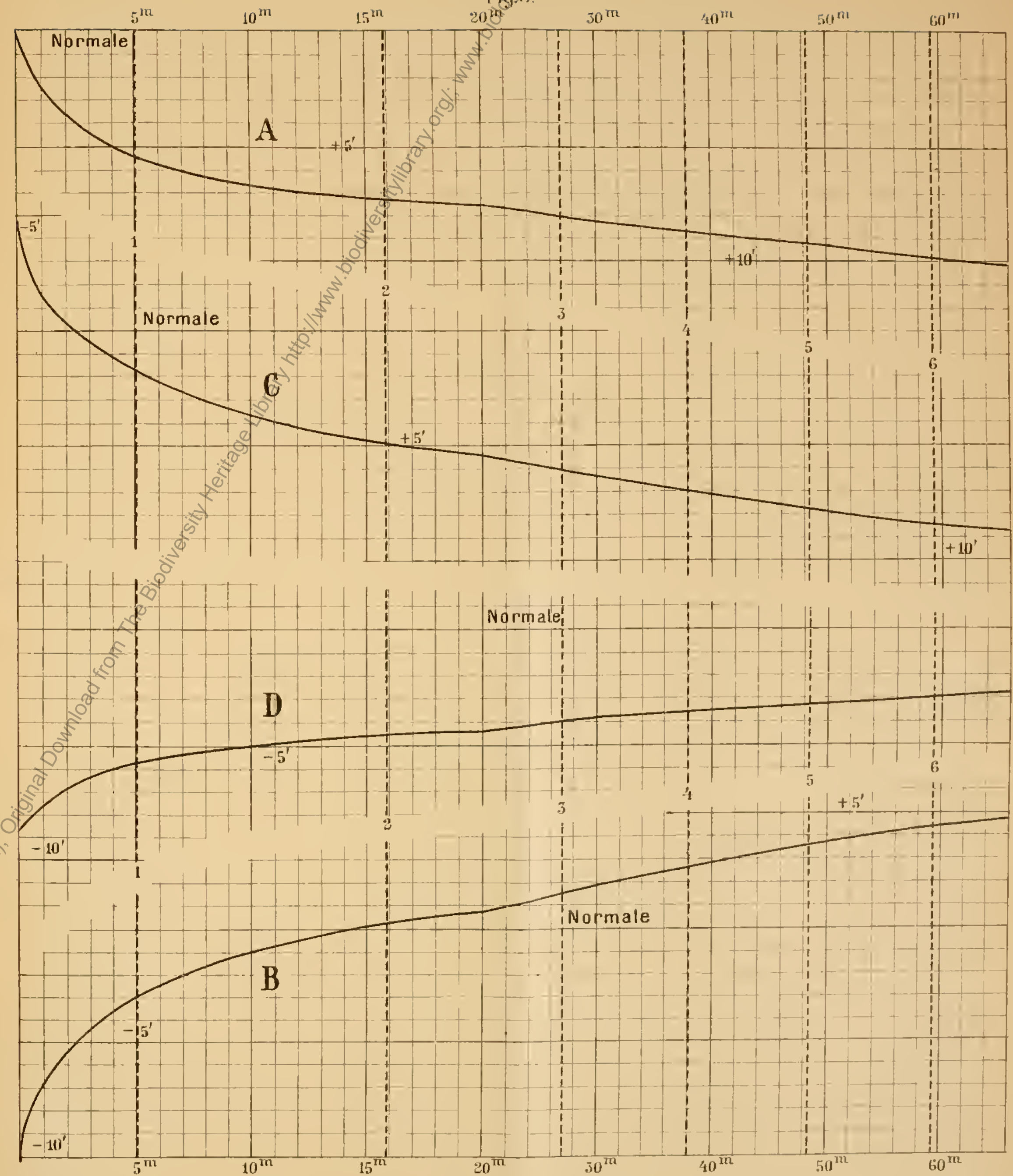


Fig. 8.

Autor del.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth Wien.

Fig. 9. 1892.

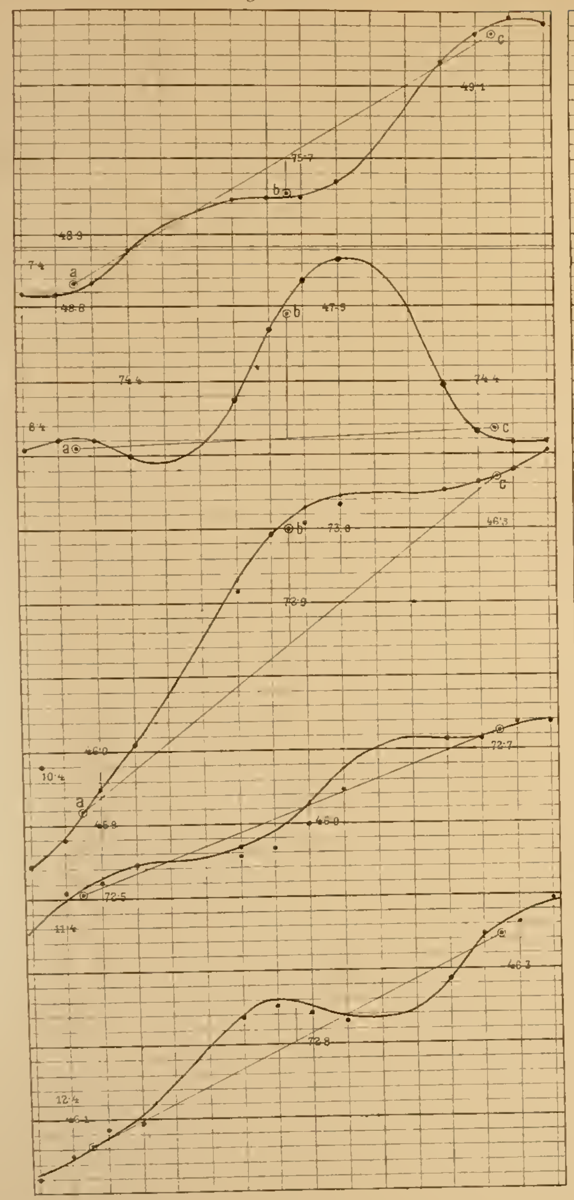


Fig. 10. 1892.

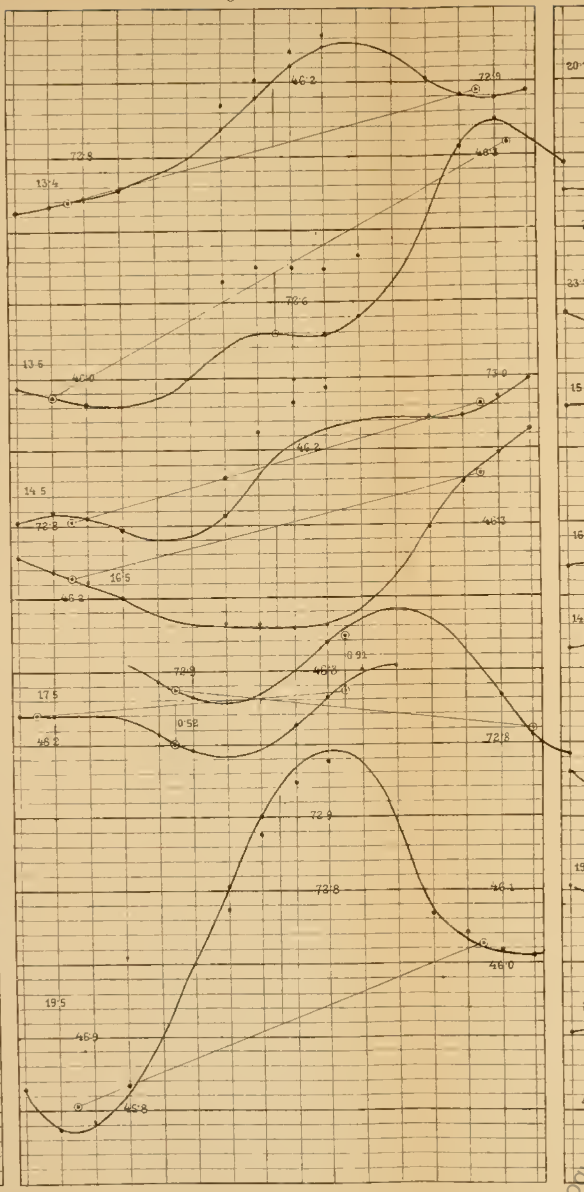


Fig. 11. 1894.

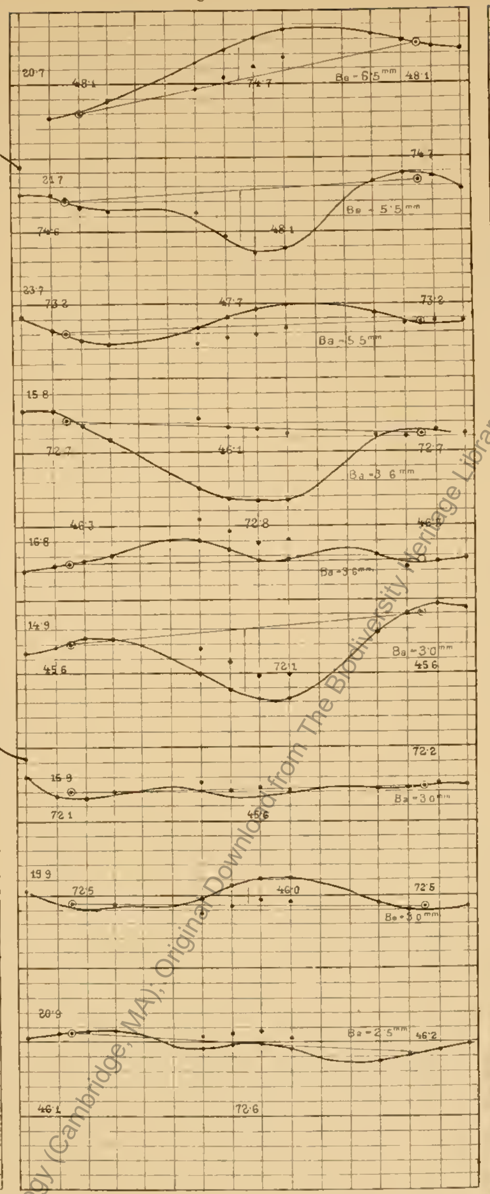


Fig. 12.

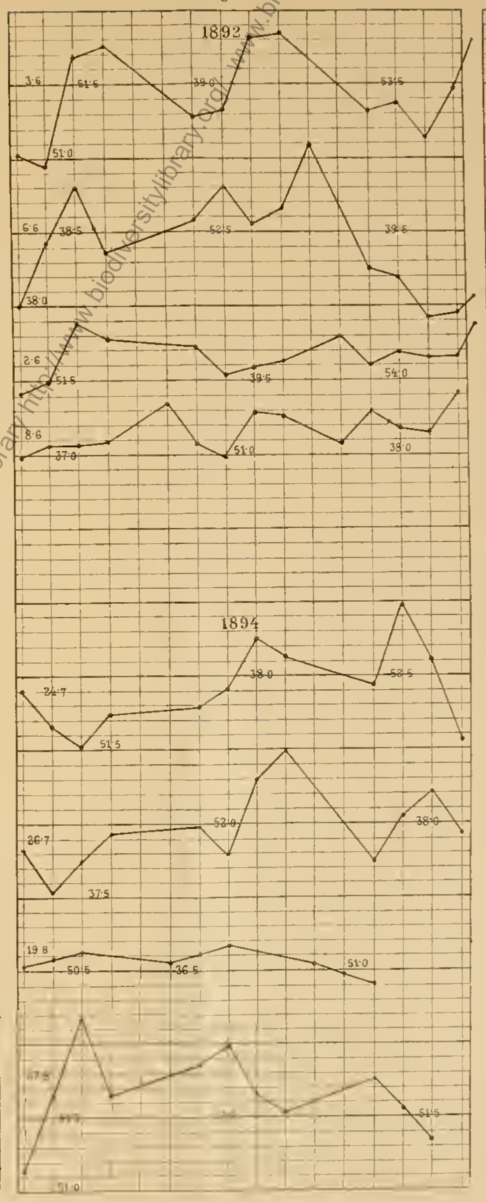
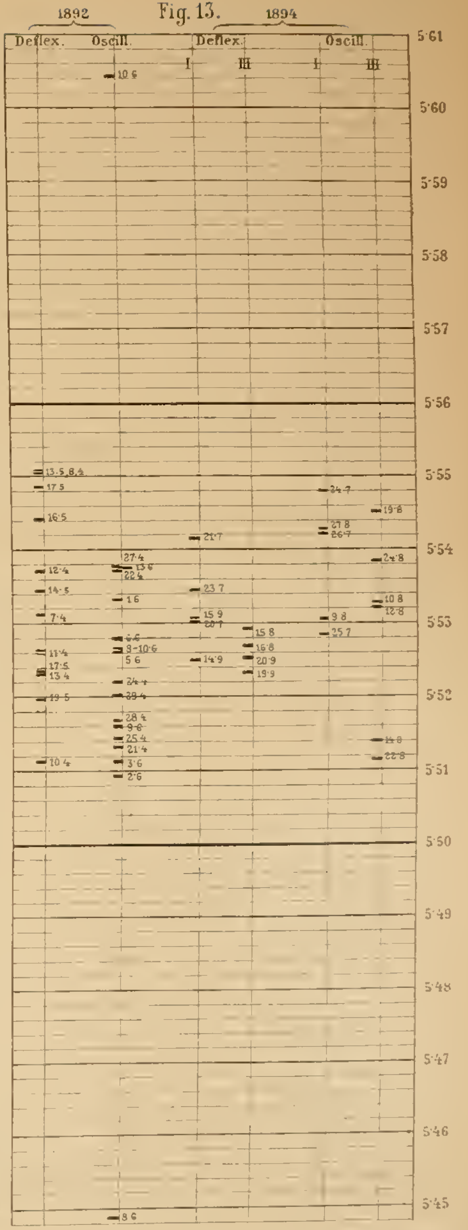


Fig. 13.



Autor del.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth Wien