

Absolute Messung der Schwerkraft in Kyōto, Kanazawa, Tōkyō und Mizusawa mit Reversionspendeln ausgeführt

von

H. Nagaoka, Professor der Physik an der Universität zu Tōkyō,
Mitglied der Japanischen Geodätischen Kommission,

S. Shinjō, ausserordentlichem Professor der Physik an der
Universität zu Kyōtō, ausserordentlichem Mitglied
der Japanischen Geodätischen Kommission,

und

R. Ōtani, diplomiertem Student der Geodäsie an der
Universität zu Tōkyō.

Mit 2 Tafeln.

Aeltere Messungen.

Die erste Bestimmung der Schwerkraft in Tōkyō wurde von Ayrton und Perry 1878 unternommen. Ein Drahtpendel, welches 9,3m. lang war, wurde mit einer Stahlschneide versehen und an einem Balken im Hauptgebäude des Polytechnischen Instituts (des damaligen Kōbudaigaku) in Tōkyō aufgehängt, und mit der Amplitude von 30cm. am unteren Ende in Schwingung versetzt. Die Schwingungsdauer dieses Pendels wurde mit dem Chronograph

durch Quecksilberunterbrechung bestimmt. Mangelhaft wie diese Methode der Zeitbestimmung erscheinen mag, war die Längenbestimmung dieses Pendels noch gröber, als der Draht bei der Abmessung horizontal auf zwei Flaschenzüge gestreckt wurde. Keine Correction für die Krümmung der Schneide und für die Mitschwingung wurde angebracht; überdies ist die Temperatur des Drahtes nicht genau ermittelt worden. Als schliessliches Resultat dieser rohen Schwere-messung ergab sich der Wert für

$$g = 979,82 \frac{cm.}{sec.^2}$$

für die Breite $35^{\circ} 40',1$ und die Länge östlich von Greenwich $138^{\circ} 44',8$.

Eine feinere Messung wurde einige Jahre später von Mendenhall mit dem Borda'schen Pendel ausgeführt. Das Pendel wurde von Salleron nach dem Apparat von Borda construirt. Am Ende eines feinen Platindrahtes, ungefähr ein Meter lang, wurde eine Messingkugel von 36mm. Durchmesser angelöthet. Die Schwingungsdauer wurde mittelst eines Chronographs, welcher mit einem Chronometer in Verbindung stand, gemessen. Die Längenmessung geschah durch eine Scala, die von demselben Mechaniker geliefert und mit einem metallischen Thermometer versehen wurde. Unter den verschiedenen Correctionen, die zur Reduction der Beobachtung vorgenommen werden müssen, fehlten diejenige für die Krümmung der Schneide sowie für die Mitschwingung, welche letztere, wie man leicht aus dem kleinen Momente der schwingenden Kugel ersehen wird, ziemlich gering gewesen sein muss. Als schliessliches Resultat fand er

$$g = 979,84 \frac{cm.}{sec.^2}$$

für die Breite $35^{\circ} 41',4$ und die Länge $139^{\circ} 46',6$.

Im Jahre 1883 haben die Herren Smith und Pritchett des U. S. Coast und Geodetic Survey, Tōkyō an Washington, Singapore und San Francisco angeschlossen, mittelst drei invariablen Pendeln, die auch von Herschel und anderen zur Anschlussmessung zwischen Greenwich, London, Washington und anderen Orten, gebraucht worden sind.

Der Unterschied in der Schwingungsdauer des Pendels No. 4 ist ziemlich gross im Vergleich mit den zwei anderen. Walker schreibt dieses einem fremden Körper zu, welcher ohne sein Wissen mit dem Pendel die Bewegung mitgemacht haben möge. Nach unserer Erfahrung finden wir oft grosse Schwankungen der Schwingungsdauer, während der langsam verlaufenden Erdbeben. Solche Bewegung entgeht unserer Empfindung, aber mit dem Horizontalpendel kann man die Bodenschwankung messen. Da ein solches Instrument während dieser Messung nicht aufgestellt worden war, so ist es nicht mit Gewissheit zu sagen ob die Hauptursache dem Erdbeben zuzuschreiben sei; aber es ist höchst wahrscheinlich dass in Tōkyō, wo man sehr oft Bodenschwankungen der oben geschriebenen Art verspürt, das Pendel auch von einem solchen Ereigniss betroffen wurde (siehe w. u.)

Wegen dieser Abweichung findet man keine Uebereinstimmung der Resultate unter einander; als Mittel dieser drei Messungen findet man

$$g = 979,824 \frac{cm}{sec^2}$$

mit Anschluss an den von Defforges für Greenwich gefundenen Wert. Es ist aber zu bemerken dass der Unterschied zwischen den zwei Pendeln No. 4 und No. 11 gleich $0,2cm/sec^2$ ist; ferner fehlt für jede Station die Korrection für die Mitschwingung, was dem Wert der Resultate viel einträgt.

Lieutenant Muttoné der Kaiserlichen Österreich-ungarischen Marine hat im Jahre 1896 die Schwerkraft in Tōkyō (auf der Sternwarte) an diejenige in Pola angeschlossen. Dabei wurde das Halbsecundenpendel nach Sterneck gebraucht. Die so erhaltenen Beobachtungen der Koincidenzen stimmen ziemlich gut zu einander, aber der Wert der Schwerkraft ist ausserordentlich klein gegen die drei anderen Messungen, die wir oben kurz skizzirt haben. Hierbei wurden alle Korrectionen mit Ausnahme der Mitschwingung berücksichtigt und die Aenderung, die das Pendel während der Reise erlitten haben mag, ist äusserst klein, wie die Beobachtungen vor und nach der Reise klar machen werden. Trotz dieser schönen Uebereinstimmung und der scheinbaren Unveränderlichkeit des Pendels findet man abnorme Werte der Beschleunigung der Schwerkraft. Für Tōkyō (Breite $35^{\circ} 39',3$) giebt Muttoné

$$g = 979,687 \frac{cm}{sec^2}$$

während er für Yokohama, welches einige Minuten südlich von Tōkyō liegt, findet

$$g = 979,745 \frac{cm}{sec^2}$$

Die hier angegebenen Zahlen zeigen grosse Schwerestörung in der Nähe von Tōkyō. Es ist hiernach selbstverständlich dass irgend welcher Fehler in den beiden Resultaten versteckt liegt.

Wie bereits von Herschel bemerkt worden ist, leidet die Beobachtungsmethode von Ayrton und Perry an grosse Unsicherheit; obgleich das Resultat von Smith und Pritchett dem Wert des anderen Beobachters nahe kommt, so sind die einzelnen Beobachtungen stark von einander abweichend, sodass man kein grosses Gewicht darauf legen kann. Nur die Messung von Mendenhall ist etwas zuverlässiger; hätte er ein Instrument von noch neuerer Konstruktion gebraucht, so würde es fast unnötig gewesen sein das

Experiment zu wiederholen. Gegenwärtig kann man den Genauigkeitsgrad bedeutend steigern, wenn man mit einem geeigneten Messapparat die Beobachtungen ausführt und die verschiedenen Korrektionen, die früher gar nicht berücksichtigt worden sind, in Betracht zieht.

Aus den oben angegebenen Resultate ersieht man dass die Schwerkraft in Tōkyō, mit Ausnahme der Muttoné'schen Messung, viel grösser ist als die für gleiche Breite an anderen Orten gefundenen Werte. Als Regel aber findet man Abweichungen in demselben Sinne für die meisten Inselstationen.

In Ermangelung einer genauen Messung war es sehr wünschenswert die Beobachtung mit einem anderen feineren Instrumente zu wiederholen und die Frage aufzuklären, ob ein bedeutender Unterschied zwischen dem berechneten und dem beobachteten Wert wirklich bestehe. Nicht nur von der geodätischen und der physikalischen Seite schien es höchst interessant für die Erdbebenforschung die Dicke der störenden Schicht auszurechnen, da diese Schicht offenbar mit der Häufigkeit der Erdbeben in unserem Land eng verknüpft sein wird. Bei der Begründung der Erdbebenuntersuchungskommission, sind zwei von uns (N. und S.) mit der Messung der Schwerkraft beauftragt worden; nachher ist diese Abteilung der japanischen geodätischen Kommission einorporirt worden, sodass die hier zu beschreibenden Resultate die Vorarbeiten zur absoluten Schwere-messung an vier Stationen darstellen. Andererseits wurde die Schweremessung des Landes nach der Methode der relativen Messung mit dem Halbsekundenpendel unternommen, sodass die Wahl mehrerer Stationen zur absoluten Messung nicht nötig ist. Deswegen schien es uns wünschenswert diese Messungen zuerst zu veröffentlichen, da es gegenwärtig nicht in Aussicht steht die absoluten Messungen an anderen Orte auszuführen.

Der Apparat.

Der Pendelapparat, den wir zur Bestimmung der Beschleunigung der Schwerkraft gebraucht haben, stimmt im wesentlichen mit dem neueren des Königlichen Geodätischen Instituts zu Potsdam überein. Der auf Anregung des Herrn Geheimrat Helmholtz von Repsold und Söhne construirte Apparat besteht aus zwei Pendeln von gleichem Gewichte, aber mit verschiedenen Schwingungsdauern. Die genannte Firma unternahm im Jahr 1893 die Konstruktion desselben Apparates, welcher in den wesentlichen Punkten mit demjenigen des geodätischen Instituts fast gleich ist, mit Ausnahme des Pendelkastens und der Vacuumvorrichtung. Er wurde schon 1894 fertig gestellt, aber infolge verschiedener Hindernisse konnten die Beobachtungen erst im Sommer 1897 begonnen werden. Die hier mitgetheilten Resultate beziehen sich auf die Messungen, die 1899 und 1900 von uns ausgeführt worden sind.

Die beiden Pendel wiegen $3,63\text{kg}$ und die Schneidenabstände betragen 1m. und $0,25\text{m.}$ resp., sodass eins als Sekunden- und das andere als Halbsekunden-pendel diene. Die Achatschneiden sind in Messinghülsen durch zwei Druckschrauben festgeklemmt; sie sind aber vertauschbar und können für Sekunden- und Halbsekunden-pendel gebraucht werden. Die Kanten der Schneiden bilden einen Winkel von 120° für eine Breite der einigen Micron, dann wurde der Kantenwinkel auf 90° verringert.

Beim Meterpendel wurde die Stange zu schwach und stark biegsam gefunden. Sie besteht aus einem gezogenen Messingcylinder von $15,9\text{mm}$ Durchmesser, dessen Enden etwas kegelförmig gedreht worden sind. Diese endigen in Hülsen, mittels welcher das Pendel auf die Konsole gelegt werden kann. Über diese Unterbrechung, hinaus setzten sich die Kegel weiter fort, bis sie in zwei Cylindern endigten. Der schwere Cylinder ist aus gegossenem Messing und ist

32,8mm. hoch bei 79,8mm. Durchmesser, während der leichte Cylinder aus Messingblech angefertigt ist und ganz dieselbe äussere Gestalt hat wie der Schwere. Dieser Cylinderkasten wurde durch eine Messingstange längs der Axe versteift; um einen Druckunterschied innerhalb der Kastens zu vermeiden, wurde er mit einer kleinen Schraube specieller Construction versehen, welche die innere Luft mit der äusseren in Verbindung setzt. Die beiden Cylinder, mit den dazu gehörenden kegelförmigen Stangen, wurden an das Pendel festgeschraubt, sodass man diese untereinander vertauschen konnte. Neben der Achatschneide findet man an beiden Seiten einen kleinen ebenen Spiegel zur Beobachtung der Schwingungsdauer durch Konicidenzapparat.

Das Halbsekundenpendel ist viel steifer als das Sekundenpendel aber ähnlich gebaut. Da das Gewicht dieses Pendels mit dem Meterpendel gleich sein muss, so wurde die Mitte der Stange durch einen dicken Cylinder verstärkt. Die beiden Cylinder an den Enden der Stange wurden vertauschbar gemacht wie bei dem Meterpendel.

Das Stativ ist aus massivem Gusseisen und kann an der Wand oder an einem Pfeiler festgeschraubt werden. An einem hervorragenden Teil des Stativs, nicht weit vom Pfeiler wurde eine Achatebene auf der Konsole festgelegt. Durch drei starke Schrauben, welche in das Stativ eingelegt sind, kann man die Achatebene nivelliren. Wenn das Pendel auf die Konsole gelegt wurde, so konnte man mittelst einer Schraube, die ausserhalb des Stativs gedreht werden kann, das Pendel auf der Ebene legen oder von dieser wegschieben, ohne es mit der Hand zu berühren.

Das Pendel war von einem grossen Hohlcylinder aus Messingblech umgeben, welcher mittelst mehreren Schrauben an dem Stativ festgehalten wurde. Über das Stativ wurde eine Glasglocke gedeckt, sodass sie mit dem einen Teil der Stativs und dem Cylinder einen

Luftdichtkasten bildet. Damit man das Pendel unter verschiedenem Druck schwingen zu lassen konnte, wurde der Cylinder mit einem Manometer versehen, und mit einem Ventil, wodurch man die Luft aus dem Pendelkasten pumpen konnte. Dieser Metallkasten bildet eine Isothermfläche, um die Temperatur innerhalb constant zu halten.

Zur Bestimmung der Pendeltemperatur dienten zwei Thermometer, die in $\frac{1}{10}$ Grad geteilt sind; die Quecksilberkugel des oberen Thermometers wurde in der Nähe der Schneide angebracht und die des unteren nahe der Mitte der Pendelstange.

Der Schneidenabstand wurde mittelst Vertikalcomparators gemessen, welcher an das Stativ geklemmt werden kann. Die Microscope wurden mit Fadenmicrometer versehen, dessen Bewegung an der Trommel, welche in 100 Teile geteilt war, abgelesen werden konnte. Einem Teilstrich entspricht ungefähr ein Micron. Der Maassstab hat H-förmigen Querschnitt und war aus Phosphorbronce. Die Correction sowie der Ausdehnungscoefficient des Stabes wurde im Bureau international des poids et mesures in Sèvres bestimmt. Die Scala wurde, während der Beobachtung, gegen die Wärmestrahlung durch eine besondere Vorrichtung geschützt.

Biegungscorrection.

Wie von Helmhert in seiner Theorie des Reversionspendels genau discutirt wurde, bietet die Biegungscorrection des Meterpendels die Hauptschwierigkeit bei der Bestimmung des Schwerkraft, wenn man sich eines biegsamen Pendels bedienen will. Zur genauen Bestimmung dieser Korrection benötigt man der Kenntniss der Dichtigkeit und des Dehnungsmoduls der Pendelstange, sowie deren geometrischer Gestalt.

Zu diesem Zwecke wurde ein kleines Stück des Messingstabes, aus welchem die Pendelstange angefertigt ist, von Repsold bezogen

und die Dichtigkeit desselben durch hydrostatische Wägung bestimmt. Es ergab sich durch dieses directe Verfahren die Dichtigkeit der Stange zu 8,571. Da aber das Pendelgewicht nicht aus gezogenem sondern aus gegossenem Messing gemacht ist, so war, wie gewöhnlich, ein Dichtigkeitsunterschied zwischen diesen zwei Arten von Messing anzunehmen. Leider konnten wir das Gewicht nicht ins Wasser eintauchen, daher haben wir es zweckmässig gefunden das Gewicht herauszuschrauben und dessen Gewicht sowie das Volumen zu bestimmen, um daraus die Dichtigkeit genau ausrechnen zu können. Es ergab sich dabei für die Dichtigkeit der Wert 8,203, welcher bedeutend kleiner ist als für die Pendelstange. Dieser Unterschied wurde in der Rechnung der Biegungscorrection berücksichtigt, da der Einfluss des schweren Gewichtes auf die Biegungscorrection beträchtlich ist.

Um die Rechnung der Biegungscorrection einigermaßen erleichtern und gleichzeitig controlliren zu können, wurde die Integration theils mechanisch, theils direct ausgeführt. In demjenigen Theil der Pendelstange, wo der Durchmesser constant bleibt, wurde auf 480mm. Länge, das Integral

$$\frac{d^2\eta_0}{da^2} = \frac{g}{E\mathfrak{L}} \left\{ \int_a^{1156.8} (x-a) dv' - \frac{1}{l} \int_a^{1156.8} \mu \mathfrak{L}' dx \right\}$$

direct berechnet; im übrigen Theile wurde die Methode der mechanischen Quadratur verfolgt, da man leicht den Rechnungsfehler constatiren, und schon durch gleiche Theilung in je 10mm. die Integration ziemlich genau vornehmen kann. Zu dem Zwecke wurden die Pendelgewichte und die Stange in Intervallen von 10mm. mit dem Contactmicrometer, wodurch ein Dickenunterschied von 0,01mm. sich leicht constatiren lässt, gemessen. Wo man das Volumen oder den Trägheitsradius nicht durch directe Messung finden konnte, wurden diese Werte durch ein besonderes Verfahren bestimmt.

Der Dichtigkeitsunterschied für das schwere Gewicht, welches wie oben bemerkt wurde, kleiner ausfiel wie diejenige der Stange, wurde das Integral mit einer Konstante multiplicirt, damit alle Teile auf die gleiche Dichtigkeit (*d. h.* 8,571) reducirt werden könnten. Gleiches gilt auch für die Achatschneide, aber der Einfluss dieses Teils auf die Biegungscorrection ist äusserst gering.

Nicht minder wichtig als die Dichtigkeitsdifferenz ist die Rolle, welche die Elasticitätsconstante in dieser Correction spielte. Da der biegsamste Teil des Pendels eine ungefähr ein Meter lange Stange bildet, so wurde die Elasticitätsconstante dieses Teils mit grosser Sorgfalt untersucht. Es ist immer zu befürchten, dass man einen zu kleinen Wert erhielte, wenn man zu dieser Untersuchung das Microscop benutzen würde, da die Stützpunkte gewöhnlich niedergedrückt und dadurch die Biegung scheinbar grösser gefunden wird. Diese Unsicherheit zu vermeiden, haben wir den cylindrischen Teil der Stange auf zwei Stützen gebracht und zwei kleine Spiegelchen an beiden Enden, da wo die Stange kegelförmig zu werden anfängt, vertikal befestigt durch eine besondere Vorrichtung, welche die Stange keineswegs beschädigt. In der Mitte dieses Cylinders, wurde ein, einige hundert Grammes schweres Gewicht aufgehängt, und mittels Scala und Fernrohr konnte man die Verschiebung der Scalenteilung sehr genau an den durch die zwei Spiegel reflectirten Bilder messen und die Senkung daraus berechnen. Als Resultate mehreren Beobachtungen fanden wir

$$E = 9,491 \times 10^{11} \text{ C.G.S. Einheiten.}$$

Hieraus ersieht man dass die Elasticitätsconstante unseres Pendels kleiner als beim Potsdamer Pendel ist; trotz dieses Unterschieds fällt dort die Biegung viel grösser aus als mit dem unseren, was durch die Differenz der Dichtigkeit und der geometrischen Gestalt des Pendels bedingt wird.

Die Rechnungsergebnisse sind in folgender Tabelle gegeben ; dabei sind Helmert's Bezeichnungen gebraucht

	Schweres Gewicht unten.	Schweres Gewicht oben.
$\Sigma \gamma_0 dv'$	+ 18858	+ 75510
$\frac{1}{l} \Sigma \mathfrak{T} \beta_0 dx$	— 168	— 225
$i_1 - i_2 - i_3$	+ 163070	+ 649120

Benutzt man diese Werte, so erhält man als Biegungscorrection für die Länge des Sekundenpendels

$$-329\mu^*$$

Die Dichtigkeitsbestimmung scheint die Hauptursache der Unsicherheit in dieser Bestimmung zu sein ; es ist wohl möglich dass dieser Wert von der Wirklichkeit um einige Procent entfernt ist. Ausserdem ist die Aenderung der Elasticität an denjenigen Stellen, wo die Endgewichte dem Pendel angeschraubt sind, nicht berücksichtigt ; es mag, nach genauerer Untersuchung, noch eine Korrection hinzuzufügen sein, die den oben hergeleiteten Wert um einen geringen Bruchteil modificiren wird.

Bestimmung der Schwingungsdauer.

Zur Bestimmung der Schwingungsdauer haben wir immer das Chronometer Negus 1891 gebraucht. Zweifellos erzielt man genauere Resultate mit der Pendeluhr, aber die Häufigkeit der Erdbeben in unserem Inselreich verbietet uns den Gebrauch der sonst schöngehenden astronomischen Pendeluhr. Das Erdbeben, welches als starker Stoss unserem Körper fühlbar ist, macht das Pendel sehr unregel-

* Im Berichte der 13ten Konferenz der internationalen Erdmessung wurden die Resultate, wobei die Biegungscorrection $= 320\mu$ angenommen ist, mitgeteilt. Die Rechnung wurde révidirt und für einen Fehler corrigirt.

mässig schwingen, so dass nicht nur die Schwingungsbeobachtung selbst, sondern auch die der zur Bestimmung der Schwingungsdauer dienenden Uhr durch solchen Stoss gestört wird, und oft erfolgt zuletzt ein ganz unregelmässiger Uhgang. Es ist in der That eine unglückliche Eigenschaft des Landes, dass man die anderswo sehr genau gehende Pendeluhr zum Zwecke der astronomischen Beobachtung und der Schwerkraftsbestimmung nicht benutzen kann. Man hat demnach von dieser Uhr abzusehen, und das Schiffschronometer an deren Stelle zu setzen. Dass das Instrument gegen kleine Störungen wie schwaches Erdbeben sich sehr gut verhielt, macht es schon für unseren Zweck ganz empfehlenswert, aber es hat verschiedene Nachteile, die man nicht leicht vermeiden kann. Der tägliche Gang des Chronometers ist nicht so regelmässig wie bei der Pendeluhr; es entstehen bisweilen Unregelmässigkeiten beim Aufziehen. Die Kompensation des Chronometers kann nicht so genau geschehen wie bei der Pendeluhr, sodass die Störung durch Aenderung der Temperatur und des Luftdruckes nicht zu vermeiden ist; gegen die Wirkung der ersteren muss man besondere Sorgfalt nehmen damit das Chronometer regelmässig geht. Ausserdem ist das Instrument bisweilen plötzlichen Aenderungen unterworfen, sodass man sich nicht ganz sicher auf die Beobachtung verlassen kann, die nur mit einem Chronometer ausgeführt wurde. Man nimmt daher mindestens zwei Chronometer mit, die oft unter einander verglichen und in Bezug auf plötzliche Aenderungen controllirt und corrigirt werden müssen.

Zur Bestimmung des täglichen Gangs haben wir immer die Zeitbestimmung mit dem Durchgangsinstrument ausgeführt; gewöhnlich wurden 7 oder 8 Sterne jede Nacht beobachtet und der Durchgangsmoment an 5 Fäden, mit welchen das Instrument versehen war, chronographisch registriert. Der mittlere Fehler der durch die Methode der kleinsten Quadrate reducirten Zeitgleichung beträgt

ungefähr $\pm 0,02$ sek. Wie man aus der Tabelle des täglichen Gangs leicht ersieht, ist er nicht constant; wo die Beobachtung wegen der schlechten Witterung unterbrochen werden musste, wurde der mittlere Wert eingesetzt.

Die Schwingungsdauer wurde durch die Koincidenz des Pendels mit dem Chronometer gefunden. Zur Beobachtung der Koincidenz wurde ein Apparat construirt, welcher im wesentlichen mit dem Sterneck'schen übereinstimmt. Da aber das Koincidenzintervall beim Sekundenpendel mehr als $2\frac{1}{2}$ Minuten betrug, so war es nötig die Vergrößerung des Fernrohrs zu steigern, und das Ocular mit einem Micrometer, welches in $\frac{1}{10}$ mm. geteilt war, zu versehen. Die Genauigkeit der Decimalschätzung wurde durch das Micrometer erheblich gesteigert. Wegen der Vergrößerung des Fernrohrs war es nötig den Spalt mit einer kleinen elektrischen Lampe zu beleuchten. Dieser Apparat wurde mehr als $2\frac{1}{2}$ m. weit vom Pendel auf dem Steinpfeiler aufgestellt. Vor der Koincidenzbeobachtung wurde das Pendel, welches durch eine Hinterschraube von der Achatebene frei gehalten ist, auf der Konsole niedergelassen und durch einen leichten Hebel, der sich von Aussen bewegen lässt, in Schwingung versetzt. Man konnte durch die Lage des Hebels dem Pendel schon eine passende Amplitude erteilen, um stets mit demselben Schwingungsbogen die Periode zu beobachten. Die Temperaturen wurden mittels zweier Thermometer angegeben. Die Quecksilberkugel des oberen Thermometers stand einige Centimeter von der Pendelschneide, während sich die des unteren in der Mitte des Kastens befand. Bei dem Sekundenpendel kam das letztere in demselben Niveau wie die Mitte der Pendelstange zu stehen und beim Halbsekundenpendel stand es ungefähr 20 cm. unter dem Endgewichte. Man fand gewöhnlich dass das obere Thermometer eine höhere Temperatur zeigte als das untere, wie es leicht das Vorhandensein des Temperatur-

gradients an das Licht bringt. Die Temperatur des Pendels wurde nach folgendem Schema berechnet.

$$\text{Temperatur des Sekundenpendels} = \frac{[\text{Oben}] + 3[\text{Unten}]}{4}$$

$$\text{Temperatur des Halbsekundenpendels} = \frac{4[\text{Oben}] + [\text{Unten}]}{5}$$

Diese Thermometer wurden von Zeit zu Zeit mit den Normalthermometern No. 4242 und No. 4243 verglichen, welches wieder in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg untersucht worden waren.

Der Dunstdruck wurde mit dem August's Psychrometer gemessen, das nahe dem Pendelkasten aufgehängt war. Der Luftdruck wurde mit dem Quecksilberbarometer in Kyōtō beobachtet; anderswo wurde ein Aneroid (Casella No. 2452), das mit dem Normalbarometer verglichen war, gebraucht.

Durch die Vergleichung mehrerer Messungen der Schneidenabstände des Sekundenpendels bei verschiedener Temperatur findet man für den mittleren Ausdehnungskoeffizienten der Pendelstange zwischen 20° und 30° den Wert

$$0,00001855.$$

Bei einer Temperaturdifferenz um 1°C beträgt die Korrection der Schwingungsdauer für das Sekundenpendel

$$93 \times 10^{-7} \text{ sec.}$$

und für das Halbsekundenpendel

$$46 \times 10^{-7} \text{ sec.}$$

Der Einfluss der Luftdruckschwankungen auf die Schwingungsdauer eines Reversionspendels ist äusserst gering; schwingt man aber das Pendel in anderer Lage bei anderem Druck, so hat man bisweilen eine Korrection für den Unterschied der verdrängten Luft hineinzubringen, die sich folgendermassen berechnen lässt.

Folgt man den Bezeichnungen von Helmholtz und setzt die Masse der verdrängten Luft gleich m und $m + \delta m$, wenn die Schwingungsdauer resp. gleich T_1 und T_2 ist, so wird

$$T_1^2 L (M h_1 - m h_1) = M (k^2 + h^2) + \gamma m$$

$$T_2^2 L \{M h_2 - (m + \delta m) h_2\} = M (k^2 + h^2) + \gamma (m + \delta m)$$

Durch Subtraction erhält man

$$L \left\{ T_1^2 h_1 - T_2^2 h_2 - \frac{m h_1}{M} (T_1^2 - T_2^2) + \frac{\delta m}{M} h_1 T_2^2 \right\} = (h_1 - h_2) \Lambda - \gamma \frac{\delta m}{M}$$

Setzt man

$$\frac{T_1^2 h_1 - T_2^2 h_2}{h_1 - h_2} = \tau^2$$

so wird

$$L = \frac{\Lambda}{\tau^2 - \frac{h_1(T_1^2 - T_2^2)}{h_1 - h_2} - \frac{m}{M} + \varepsilon}$$

wo

$$\varepsilon = \frac{\delta m}{M(h_1 - h_2)} \left(h_1 T_2^2 - \frac{\gamma}{L} \right)$$

Da

$$\tau = T_1 + \frac{h_2(T_1 - T_2)}{h_1 - h_2}$$

so wird

$$L = \frac{\Lambda}{\tau^2} \left(1 + h_1 \frac{(T_1^2 - T_2^2)}{\tau^2(h_1 - h_2)} - \frac{m}{M} - \frac{\varepsilon}{\tau^2} \right)$$

Vernachlässigt man γ , welches eine sehr kleine Grösse ist, so wird

$$\varepsilon = \frac{\delta m}{M} - \frac{h_1}{h_1 - h_2} \tau^2$$

Man erhält dadurch

$$\begin{aligned} L &= \frac{\Lambda}{\tau^2} \left(1 + \frac{h_1(T_1^2 - T_2^2)}{\tau^2(h_1 - h_2)} - \frac{m}{M} - \frac{\delta m}{M} \frac{h_1}{h_1 - h_2} \right) \\ &= \frac{\Lambda}{\tau^2} \left(1 + \frac{2h_1(T_1 - T_2)}{\tau(h_1 - h_2)} - \frac{m}{M} - \frac{\delta m}{M} \frac{h_1}{h_1 - h_2} \right) \end{aligned}$$

Die Korrektion wegen der Differenz der verdrängten Luft beträgt daher

$$-\frac{\delta m}{M} \frac{h_1}{h_1 - h_2} L$$

Es sei das Volumen des Pendels $= V$; dann ist

$$\delta m = \rho_l \frac{\delta p}{p} V$$

$$M = \rho V$$

wo ρ_l die Dichtigkeit der Luft, ρ diejenige des ganzen Pendels, und p den Luftdruck bezeichnen. Für das Sekundenpendel ist

$$h_1 = \frac{L}{2};$$

folglich wird die Korrektion

$$= -\frac{\rho_l}{\rho} \frac{\delta p}{p} \frac{L^2}{2(h_1 - h_2)}$$

für das Sekundenpendel.

Für $\delta p = 1mm$. Quecksilbergewicht beträgt die Korrektion für die Länge des Sekundenpendels

$$-0,000305mm.$$

Ausgedrückt als Unterschied in der Schwingungsdauer ist diese Korrektion gleich

$$-0,00000015 \text{ sek.}$$

wenn der Druck grösser ist für T_2 wie für T_1 .

Für das Halbsekundenpendel geht diese Korrektion über in

$$-0,00000001,$$

was vernachlässigt werden kann.

Wie schon oben bemerkt wurde, waren wir genötigt besonders auf die seismische Witterung während der Schwingungsbeobachtung zu achten. Es war sehr leicht ein Erdbeben, welches durch unser Gefühl wahrnehmbar ist, jedesmal zu berücksichtigen, da man die Störung durch die Verschiebung des Pendellagers und die gleichzeitig eintretende plötzliche Aenderung der Schwingungsamplitude und dergleichen Anzeichen leicht constatiren kann. Es wurde aber nicht selten ein heftigerer Erdstoss während der Schwingungsbeobachtung bemerkt. So unangenehm es auch auf dem ersten Augenblick erscheinen mag, muss man solche Beobachtungen ignoriren, da diese keinen Wert besitzen. Es hat sich aber nach mancher Erfahrung erwiesen, dass man bisweilen grosse Abweichungen in der Schwingungsdauer des Pendels beobachtet, ohne etwa eine plötzliche Aenderung des Uhrgangs oder den Erdstoss selbst zu bemerken. Solche Störungen wurden gewöhnlich durch ein sehr langsam verlaufendes Erdbeben verursacht; solche Schwankungen des Erdbodens werden nicht als Stoss unserem Körper fühlbar, sondern erscheinen als horizontale Bewegungen von collossaler Amplitude, wie sie auf dem Horizontalpendelseismometer registrirt wurden. Es ist deren langer Periode zuzuschreiben dass die Bewegung uns nicht zum Bewusstsein kommt. Trotzdem konnte man sehr leicht die Wirkung dieser Bodenschwankung auf die Schwingungsamplitude verspüren, da das Pendel einigermaßen durch die Bewegung beeinflusst wird. Während der Beobachtung der Schwingungsdauer hat einer von uns (N) ganz ohne Absicht eine schöne Erfahrung gemacht, gelegentlich des grossen Erdbebens in Alaska am 11ten September 1899. Ein von der Ferne herkommendes Erdbeben ist gewöhnlich von sehr langer Periode; aber in Tōkyō, wo der Boden nicht sehr fest ist, sieht man mit dem besonders als Registririnstrument ausgestatteten Horizontalpendel, die beinahe als Sinuscurve verlaufende Schwankung

des Bodens. Diese Bewegung ist keineswegs stossartig, sodass sie für unseren Körper ganz un wahrnehmbar ist; infolge dessen ist es ziemlich schwer die dadurch verursachte Unregelmässigkeit der Schwingungsdauer zu constatiren, da solche Störung nur um einen kleinen Betrag Aenderungen hervorruft. Als ein Beispiel sei die folgende Beobachtung des Koincidenzintervalls gegeben.

Ort: Physik. Institut, Universität zu Tōkyō,				Beob: H. N.		
Datum: 11ten Sept., 1899.				Chronometer: Negus 1891.		
Pendel: Sekundenpendel.				Schneidencomb. u. Lage: I. F. o. h.		
	Mittl. Zeit.	Thermometer.		Barometer.	Hygrometer.	Ausschlag.
		oben.	unten.			
Anfang	^h 6 ^m 41.8 v	^o 21.62	^o 21.60	^{mm} 756.8	^o 21.00– ^o 21.55	1.75 × 14.3
Ende	7 32.1 „	21.60	21.60	756.8	21.10–21.65	0.98 × „
Mittel	7 7.0 „	21.61	21.60	756.8	21.05–21.60	1.31 × „
Corr. u.s.w.	0.0	–0.08	–0.08	– 0.6	0.00 0.00	
Corrig.	7 7.0 „	21.53	21.52	^{mm} 756.2	^{mm} 18.0	18.7

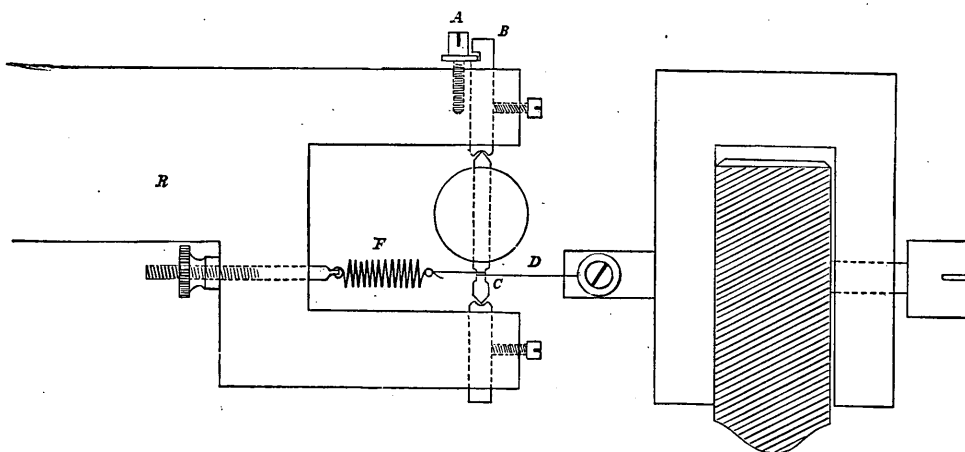
Nr.	Koincidenz.			Nr.	Koincidenz.			10 Koinc. interv.	
	^h	^m	^s		^h	^m	^s	^m	^s
1	5	15	56.4	11	5	42	28.7	26	32.3
2		18	35.2	12		45	8.0		32.8
3		21	14.0	13		47	46.8		32.8
4		23	53.0	14		50	26.0		33.0
5		26	32.7	15		53	5.7		33.0
6		29	12.5	16		55	44.5		32.0
7		31	52.0	17		58	22.0		30.0
8		34	31.0	18	6	1	1.0		30.0
9		37	10.1	19		3	42.2		32.1
10		39	49.1	20		6	20.4		31.3
Mittel								26	31.93

Die horizontale Bewegung des Bodens ist in Tafel I gegeben, wie sie von Herrn Prof. Ōmori mit seinem Horizontalpendel registriert worden ist.

Nachdem diese Bodenschwankung vorübergegangen war, wurde die Schwingungsdauer neu bestimmt und daraus gefunden, dass die Störung die Periode um $70 \times 10^{-7} \text{ sek.}$ verringert hatte. Vor solcher Bodenschwankung muss man immer gewarnt sein, und jedesmal dass solche Störung vorkommt, muss man die Beobachtung unterbrechen. Jeder Schwereforscher in Japan ist genötigt das Seismometer mitzunehmen, damit seine Beobachtung von dieser Störung frei sei. Wir haben stets ein kleines Seismometer zur Seite gehabt und dessen Bewegung von Zeit zu Zeit beobachtet; wo möglich, ist es bequem das Seismometer selbstregistrend zu bauen, und auf demselben Pfeiler wie das Pendel das Instrument aufzustellen. In Kyōto und Kanazawa ist uns solche Störung nicht begegnet, aber in Mizusawa haben wir eine ausserordentlich grosse Aenderung der Schwingungsdauer bemerkt, welche wir nachher auf die Bodenschwankung zurückzuführen Grund hatten. Ferner haben wir gefunden dass eine kleine Bodenerschütterung, die sehr schwer zu vermeiden ist, das Pendel nicht stark beeinflusst, wenn es mit grosser Amplitude schwingt. Deswegen war es immer ratsam mit passendem Schwingungsbogen zu beobachten, da die Korrection auf unendlich kleine Amplitude nicht beträchtlich ist und ferner mit grosser Genauigkeit sich angeben lässt. Die Gestalt der Schneide wird sich aber etwas geltend machen, aber wir glauben dass der Vorteil, der durch grössere Schwingungsamplitude erzielt wurde, viel bedeutender ist als der nachteilige Einfluss, welcher von der Schneidengestalt herrührt. Gewöhnlich wurden beide Pendel mit der mittleren Amplitude von ungefähr 20 Bogenminuten in Bewegung versetzt.

Bestimmung der Mitschwingungscorrection.

Diese wichtige Korrection wurde nach einem anderen Verfahren ermittelt, wie es schon von verschiedenen Forschern vorgeschlagen worden ist. Im Wesentlichen beruht die hier benutzte Methode auf der Bestimmung der dem Pendelstativ durch die bekannte Zugkraft erteilte Verschiebung, die sich äusserst leicht und mit grosser Genauigkeit beobachten lässt. Schon Hertz hat, in seinem Elektrodynamometer, eine Methode angezeigt, wie man mit einem feinen Draht, der um einen anderen umgewunden ist, die Verschiebung des ersteren durch die Drehung des letzteren, wie man sie mittelst der Spiegelablesung beobachtet, stark vergrössern kann. Unser Verfahren beruht auf demselben Princip, welches von Hertz schon angewandt war.



Ein kleiner Cylinder (C) (0,80mm. Durchmesser) aus Wolframstahl wurde an beiden Enden zugespitzt und zwischen zwei kegelförmigen Achatpfannen gelegt. Diese Achatpfannen wurden im Messingcylinder eingelegt, welcher durch eine Adjustirschraube (A) einer sehr feinen Bewegung, ohne sich zu drehen, längs der Cylinderaxe fähig ist. Um den Cylinder (C) wurde ein feiner Draht (Durchmesser 0,08mm.) umgewunden; der Draht endigt in einer

schwachen Spiralfeder während das andere Ende dem Pendellager fest angeschraubt wurde. Wenn der Lager sehr wenig verschoben wird, so macht die Feder, die in der Verlängerung des Drahtes ruht, die Bewegung mit, und der Betrag dieser Verschiebung wurde durch die Drehung eines leichten Spiegels gemessen, welcher an dem Cylinder (C) festgekittet ist. Der starke Messingrahmen, welcher diese Vorrichtung trägt, wurde an einem soliden Dreifuss, welches als ein fester Punkt betrachtet werden kann, angeschraubt. Wenn man an dem Pendellager mit einem starken Faden in der Richtung der Pendelbewegung zieht, so beobachtet man die Drehung des Spiegels, welche mit Scala und Fernrohr ermittelt werden kann. Die Verschiebung von 4,6mm. in 1m. Abstand entspricht bei dem von uns gebrauchten Apparat der Verschiebung um 1μ . Wenn die Mitschwingung ziemlich stark ist, so konnte man die hin-und herschwingende Bewegung der Konsole, die durch das Pendel hervorgerufen wird, leicht beobachten. Man kann dadurch entweder die statische oder die dynamische Constante in die Rechnung der Correction einführen.

Zur Berechnung der Correction, denkt man sich die Verschiebung durch den Zug von 1 kg. gewicht $=\varepsilon$, und das Gewicht des Pendels $=w$, dann beträgt die Correction für die Länge des Sekundenpendels

$$\delta L = w\varepsilon \frac{L}{\Lambda}.$$

Der Pendelpfeiler war ziemlich fest gebaut, so dass die Mitschwingung nur eine sehr kleine Aenderung in Schwingungsdauer hervorbrachte, in allen Messungen die wir ausgeführt haben.

Längenmessung.

Zur Bestimmung der Pendellänge diente eine Phosphorbronce-scala, welche 102cm. lang war. Der Querschnitt war H-förmig mit

einblegtem Silberblech in der Ebene der Nullelongation, auf welche feine Linien mit je 1mm. Intervall eingeritzt waren; ein Ende der Scala wurde in 1mm. geteilt und diente zur Bestimmung der Constante des Micrometers, welches dem Vertikalcomparator angehört. Diese Scala wurde im Bureau international des poids et mesures in Sèvres, von Herrn Ch. Ed. Guillaume genau untersucht und hat die folgende Correction, die wir benutzten.

Teilstrich.	Correction. μ
25 cm.	+5,5
75 cm.	+1,8
100 cm.	-0,3

Der Ausdehnungscoefficient α betrug

$$\alpha = 0,000016502 + 0,00000000625t$$

mit dem Thermometer à verre dur.

Diese Correction ist nur bei der horizontalen Lage der Scala anzuwenden, so dass man noch eine Correction wegen der Verkürzung einzuführen hat, da die Scala während der Messung immer vertikal aufgehalten war. Die Verkürzung beträgt nur $0,3\mu$ für 1m.

Wie bei der Längenmessung üblich ist, wurde nach der gewöhnlichen Methode, die Pendelschneide bei dunkler sowie bei heller Beleuchtung gemessen. In letzterem Falle wurde die Schneide mit einer kleinen elektrischen Lampe beleuchtet, welche in solcher Entfernung aufgestellt wurde, dass die Temperatur des Pendels nicht merklich afficirt war. Fast alle Beobachtungen zeigen dass die Länge bei dunklen Schneiden grösser ist als bei den hellen, wie es von mehreren Beobachtern constatirt worden ist.

Die schwierigste Aufgabe bei dieser Messung war die Ermittlung der genauen Temperatur des Pendels. Bei dem Sekundenpendel wurden einige Thermometer neben dem Pendel und der Scala auf-

gehängt, wie in der Figur, welche der Tabelle (*w.u.*) hinzugefügt ist, angedeutet wird.

Die Temperaturdifferenz zwischen diesen Thermometern war gewöhnlich nicht grösser als $0^{\circ},2C$. Diese Thermometer wurden oftmals mit dem Etalon verglichen und corrigirt.

Es war ein grosser Vorteil für uns gewesen, dass wir bei Sommerhitze gearbeitet haben, da der Einfluss der Körperwärme auf die Temperatur der Scala und des Pendels infolgedessen äusserst gering war. Bei den Beobachtungen, wobei die Temperatur der Umgebung unter 20° blieb, fand man gewöhnlich einen allmählichen Temperaturanstieg.

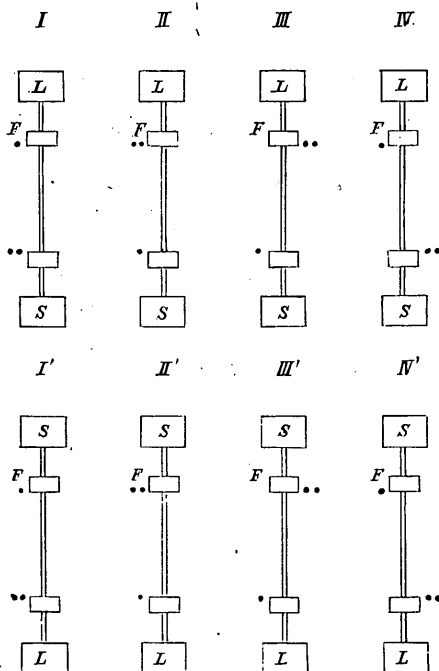
Der Wert eines Teilstriches der Micrometertrommell betrug ungefähr 1μ ; diese Constante wurde durch die in $\frac{1}{10}mm$. getheilten Teile der Meterscala ermittelt.

Die Verschiedene Combination der Pendelschneide und der Gewichte, wobei wir die

Schwingungsbeobachtungen und die Längenmessung ausgeführt haben, wird aus der Figur klar.

Die Punkte beziehen sich auf die Schneiden, welche resp. durch einen $[\cdot]$ und zwei $[\cdot\cdot]$ Punkte unterschieden waren.

Die Lage des Schwerpunktes wurde mit dem Apparat, der zu diesem Zwecke besonders construirt war, ermittelt. Bei der verschiedenen Combination der Schneiden und der Gewichte ergab sich folgendes Resultat.



Lage des Schwerpunktes (bei 0°)

Sekundenpendel.			Halbsekundenpendel.		
Combination der Pendel- schneide.	h_1	h_2	Combination der Pendel- schneide.	h_1	h_2
I	702,6 ^{mm}	297,2 ^{mm}	I	159,9 ^{mm}	90,0 ^{mm}
II	702,6	297,3	II	159,9	90,0
III	702,6	297,3	III	159,9	90,0
IV	702,6	297,3	IV	159,9	90,0
I'	703,5	296,3	I'	160,0	89,9
II'	703,5	296,4	II'	160,1	89,8
III'	703,5	296,4	III'	160,1	89,9
IV'	703,5	296,4	IV'	160,0	89,9

Was den wahrscheinlichen Fehler der Schlussresultate anbelangt, so sieht man auf der Stelle dass derjenige der Biegungscorrection alle anderen der Messresultate übersteigt. Auf rohe Schätzung dieses Fehlers hin kann man ihn nur auf $\pm 15\mu$ in L angeben, infolge der Unsicherheit in der Dichtigkeitsbestimmung, in der Elasticitätsconstante und in der gebrauchten Formel. Der tägliche Gang des Chronometers wird einen Fehler verursachen, welcher den der Biegungscorrection zunächst kommt. Trotzdem ist die Grösse der letzteren äusserst gering gegen die ersten, sodass man den Fehler der Schlussresultate beinahe gleich demjenigen für die Biegungscorrection ansehen kann.

KYŌTO.

Der Pendelraum (Tafel II) liegt neben dem grossen Hörsaal des physikalischen Instituts der kaiserlichen Universität zu Kyōto. Der Granitpfeiler für das Pendel wurde in der Mitte des Saals aufgestellt, nach dem in der Figur gegebenen Plane. Die tägliche Variation der Temperatur innerhalb des Beobachtungsraumes war äusserst gering und überstieg selten $0^{\circ},5$ C.

Das Institut wurde gebaut auf einem Boden, welcher ziemlich fest ist; er besteht bis zur Tiefe von einigen Metres aus gross körnigem Kies. Die Station liegt auf einer Ebene, welche einen Teil des Thals bildet, welcher nord-östlich von der Hiyei-, und nord-westlich von der Kurama-Kette begrenzt ist; südlich liegen die Berge ziemlich weit von der Stadt ab. Die Anziehung dieser höhen Gebirge wird sich etwas auf g geltend machen, aber in Ermangelung genauer Kenntniss der Dichtigkeit, haben wir darauf verzichtet diese Korrection in die Rechnung einzuführen.

Tabellarisch dargestellt, lauten die Resultate der verschiedenen Messungen folgendermassen:—

Station: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Breite : } 35^{\circ} 1',6 \\ \text{Länge : } 9^{\text{h}} 3^{\text{m}} 8^{\text{s}},5 \text{ östlich von Greenwich.} \\ \text{Höhe : } 55^{\text{m}} \quad ; \theta = 2,0 \end{array} \right.$

Physikalisches Institut der Universität zu Kyōto.

Datum: 14ten Juli bis 2ten August, 1899.

Beobachter: H. Nagaoka, R. Ōtani und S. Shinjō.

Instrumente.

Chronometer: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Negus No. 1891 für Koincidenzbeobachtung.} \\ \text{„ „ 1622 „ astronomische Beobachtung.} \end{array} \right.$

Durchgangsinstrument: Troughton und Simms.

Thermometer: Gerhard Gerhardt Dëmichel Dëmichel Dëmichel

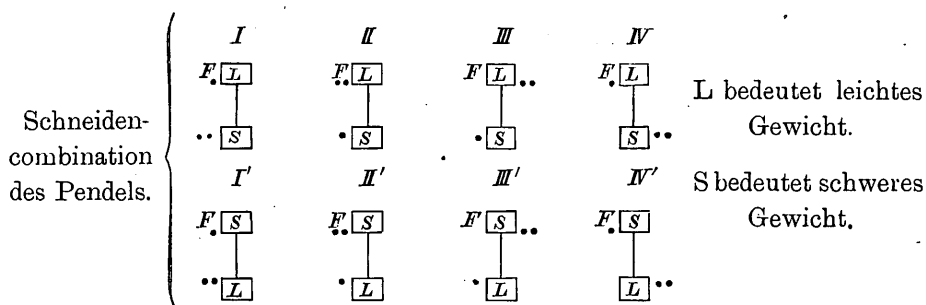
4242 4243 3898 3893 2586

Corn. bei 27° $-0,06$ $-0,07$ $-0,03$ $-0,03$ $-0,23$

Barometer: Quecksilber Barometer mit Corn. $-0,30$ mm.

Hygrometer: Psychrometer.

Seismometer: Horizontalpendel.



Biegungscorrection: Correction für Sekundenpendel -329μ in L

„ „ $\frac{1}{2}$ s. pendel $- 2 \mu$ „ „

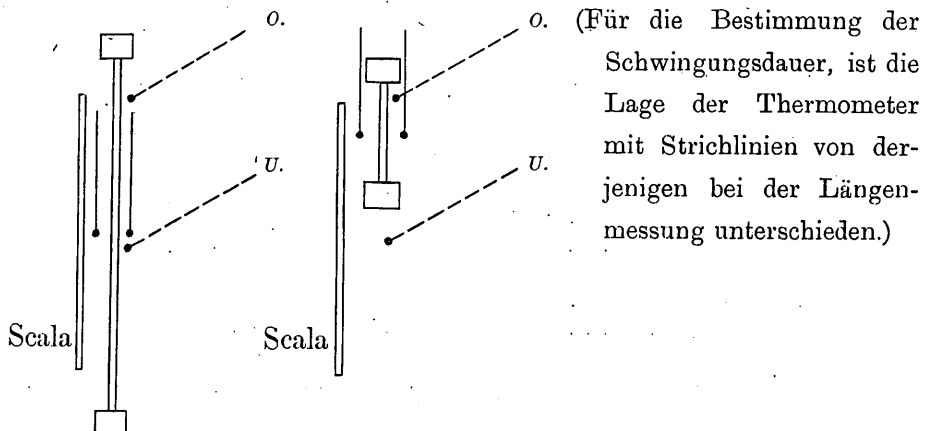
Mitschwingungscorrection: „ „ Sekundenpendel $+ 2,6 \mu$ „ „

„ „ $\frac{1}{2}$ s. pendel $+ 10,5 \mu$ „ „

Micrometer: Oben : $100^{\text{p}} = 100,30$ bei 24°

Unten : $100^{\text{p}} = 100,34$ „ „

Lage der Thermometer :



Täglicher Gang des Chronometers Negus No. 1891.

Datum (S.Z.)		ΔT	Differenz.	Mittler täglicher Gang.
1899-Juli-14	15,0 ^h	+ 43 ^m 13,77 ^s	1,12 ^s	1,10 ^s
15	15,5	14,89	1,33	1,23
16	17,5	16,22	3,45	1,16
19	16,7	19,67	4,59	1,16
23	15,4	24,26	2,48	1,23
25	15,6	26,74	2,40	1,19
27	15,9	29,14	1,06	1,09
28	15,3	30,20	1,66	1,66
29	15,4	31,86	1,51	1,44
30	16,5	33,37	2,44	1,18
August 1	18,2	35,81	1,69	1,73
2	17,7	37,50		

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{(o) + 3(u)}{4}$		
VII-14	S	I F.o.v.	156.591	26.85	26.66	26.71	19.2	753.4
"	S	" F.u.v.	156.809	27.05	26.84	26.89	19.5	753.3
"	S	" F.u.h.	156.726	27.23	27.01	27.07	18.3	753.5
"	S	" F.o.h.	156.449	27.11	26.89	26.95	19.3	753.7
VII-23	S	" F.o.v.	156.758	26.12	26.02	26.05	19.5	743.8
"	S	" F.u.v.	157.132	26.15	26.03	26.06	18.6	743.5
"	O	" F.u.h.	157.234	26.32	26.12	26.17	17.4	743.2
"	O	" F.o.h.	156.813	26.41	26.24	26.28	18.4	743.2
VII-15	O	I' F.u.v.	156.814	27.06	26.84	26.90	19.0	753.5
"	O	" F.o.v.	156.966	27.25	27.01	27.07	19.7	753.1
"	O	" F.o.h.	156.840	27.36	27.11	27.17	18.5	753.2
"	O	" F.u.h.	156.695	27.34	27.08	27.15	17.8	753.7
VII-23	N	" F.o.v.	157.103	26.57	26.47	26.50	19.0	743.1
"	N	" F.u.v.	156.986	26.58	26.49	26.51	18.9	742.8
"	S	" F.u.h.	156.922	26.65	26.51	26.55	18.9	743.4
"	S	" F.o.h.	157.118	26.53	26.38	26.42	18.1	744.0
VII-17	N	II' F.o.v.	157.006	26.87	26.76	26.79	19.3	751.5
"	N	" F.u.v.	156.550	27.17	27.01	27.05	18.8	751.0
"	N	" F.u.h.	156.585	27.30	27.13	27.17	19.1	750.0
"	N	" F.o.h.	156.988	27.46	27.26	27.31	19.3	749.3
VIII-1	O	" F.o.v.	157.582	24.89	24.75	24.79	19.1	751.4
"	O	" F.u.v.	157.060	25.01	24.84	24.88	18.7	751.6
VII-17	S	II F.o.v.	156.442	27.62	27.40	27.46	19.6	750.5
"	S	" F.u.v.	156.480	27.44	27.19	27.25	19.0	751.2
"	S	" F.u.h.	156.428	27.24	27.02	27.08	19.1	751.7
"	N	" F.o.h.	156.472	27.13	26.93	26.98	19.6	752.0
VIII-1	S	" F.o.v.	157.153	24.93	24.72	24.77	19.1	752.4
"	S	" F.u.v.	157.000	24.79	24.59	24.64	18.6	753.1
"	N	" F.u.h.	157.221	23.95	23.87	23.89	18.4	753.6
"	N	" F.o.h.	157.235	24.00	23.91	23.93	19.6	753.9

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{(o)+3(u)}{4}$		
VII-18	O	III F.o.v.	156.579	27.57	27.42	27.46	19.3	751.4 ^{mm}
"	O	" F.u.v.	156.459	27.30	27.13	27.17	17.5	751.7
VII-19	N	" F.u.h.	156.751	26.98	26.89	26.91	16.2	752.9
"	N	" F.o.h.	156.654	27.20	27.08	27.11	19.3	752.5
VII-24	O	" F.o.v.	156.959	25.83	25.63	25.68	19.1	744.3
"	O	" F.u.v.	156.876	25.78	25.56	25.62	17.8	744.0
"	S	" "	156.848	25.76	25.64	25.67	19.3	743.7
VII-19	S	III' F.u.v.	156.646	27.32	27.18	27.22	19.3	752.1
"	S	" F.o.v.	157.125	27.40	27.26	27.30	18.6	751.5
"	O	" F.o.h.	157.098	27.48	27.37	27.40	18.7	752.1
"	O	" F.u.h.	156.546	27.50	27.38	27.41	18.7	752.4
VII-20	N	IV' F.o.v.	156.706	27.68	27.49	27.54	18.6	750.2
"	N	" F.u.v.	156.484	27.67	27.46	27.51	19.3	749.9
"	S	" F.u.h.	156.610	27.62	27.42	27.47	19.3	749.9
"	S	" F.o.h.	156.740	27.55	27.40	27.44	18.6	750.1
VIII-1	N	" F.o.v.	157.228	24.83	24.68	24.72	17.4	751.6
"	N	" F.u.v.	157.225	24.77	24.66	24.69	19.9	751.4
VII-21	O	IV F.o.v.	156.448	27.34	27.15	27.20	18.9	748.4
"	O	" F.u.v.	156.721	27.41	27.21	27.26	19.5	748.2
"	N	" F.u.h.	156.687	27.46	27.36	27.39	17.7	747.7
"	N	" F.o.h.	156.400	27.58	27.45	27.48	19.6	746.5

SEKUNDENPENDEL. (Kyōto).

[illegible]

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{4(o) + (u)}{5}$		
VII-26	O	I F.o.v.	77.583 ^s	.....	25.18	25.34	18.7	748.1 ^{mm}
"	O	" F.u.v.	77.990	.....	25.25	25.41	19.9	747.8
"	S	" F.u.h.	78.022	.....	25.22	25.38	18.9	747.7
"	S	" F.o.h.	77.618	.....	25.22	25.38	19.5	747.9
VII-27	N	I' F.o.v.	77.859	.....	24.84	25.00	19.7	748.1
"	N	" F.u.v.	78.040	25.07	24.97	25.05	19.0	747.9
"	O	" F.u.h.	78.004	25.15	24.97	25.11	19.5	747.5
"	O	" F.o.h.	77.845	25.27	25.08	25.23	19.7	747.0
VII-27	S	II' F.o.v.	78.326	25.14	24.92	25.10	19.1	747.7
"	S	" F.u.v.	77.761	25.32	25.09	25.27	19.2	747.5
VII-28	N	" F.u.h.	77.899	24.23	24.18	24.22	19.4	748.9
"	N	" F.o.h.	78.410	24.38	24.28	24.36	19.4	748.9
VII-28	S	II F.o.v.	78.073	24.56	24.41	24.53	19.1	748.4
"	S	" F.u.v.	77.838	24.67	24.52	24.64	19.5	747.9
"	O	" F.u.h.	77.704	25.05	24.85	25.01	19.6	748.5
"	O	" F.o.h.	77.973	25.05	24.86	25.01	19.3	748.2
VII-29	N	III F.o.v.	78.020	24.91	24.77	24.88	19.7	750.9
"	N	" F.u.v.	77.688	24.95	24.77	24.91	20.0	750.6
"	O	" F.u.h.	77.676	25.00	24.80	24.96	19.8	750.0
"	O	" F.o.h.	77.979	25.18	24.98	25.14	19.3	749.6
VII-29	N	III' F.o.v.	78.186	25.37	25.13	25.32	19.9	749.8
VII-31	S	" "	78.226	25.37	25.18	25.33	18.3	750.5
VII-29	S	" F.u.v.	77.837	25.32	25.07	25.27	19.2	750.4
"	S	" F.u.h.	77.837	25.25	25.02	25.20	19.2	751.1
"	S	" F.o.h.	78.299	25.17	24.95	25.13	18.9	751.6

HALBSEKUNDENPENDEL. (Kyōto).

[illegible]

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{4(o) + (u)}{5}$		
VII-30	N	IV' F.o.v.	^s 77.837	25.32	25.13	25.28	20.7	mm 751.0
"	N	" F.u.v.	78.074	25.36	25.17	25.32	18.5	751.1
"	O	" F.u.h.	78.056	25.37	25.17	25.33	19.8	750.9
"	O	" F.o.h.	77.819	25.37	25.17	25.33	18.8	751.9
VII-30	S	IV F.o.v.	77.676	25.43	25.19	25.33	19.0	751.4
"	S	" F.u.v.	78.132	25.36	25.19	25.33	19.5	751.5
VII-31	O	" F.u.h.	78.196	24.92	24.72	24.88	18.3	751.8
"	O	" F.o.h.	77.736	25.06	24.87	25.02	19.4	751.8

HALBSEKUNDENPENDEL. (Kyōto.)

[illegible]

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Kyōto).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-22	S	I F.u.v.	26.86	26.90	-112.9	m 1.0003402	26.92	26.94	-109.4
"	O	" F.o.v.	27.03	27.03	-105.3		27.00	27.01	-106.3
"	N	" F.o.h.	26.97	27.02	-112.6		26.93	26.98	-108.6
"	O	" F.u.h.	26.97	27.00	-106.9		27.01	27.01	-110.4
"	N	" F.u.h.	26.93	26.99	-112.6		26.94	26.99	-111.1
"	S	" F.o.h.	26.97	27.02	-109.7		26.97	27.01	-110.8
"	S	" F.o.h.	26.82	26.88	-107.4		26.87	26.92	-115.6
			26.94	26.98	-109.6		26.95	26.98	-110.3
Länge der Scala			1.0004491				1.0004491		
Micro-Ablesung			-1096				-1103		
Red. auf 27°			+ 11				+ 9		
Λ bei 27°			1.0003406			1.0003397			
Mittel									
VII-16	N	I' F.o.v.	27.25	27.28	-109.2	1.0003431	27.23	27.29	-109.5
"	O	" F.u.v.	27.27	27.28	- 99.1		27.29	27.31	- 94.0
"	S	" F.u.h.	27.26	27.29	- 94.3		27.28	27.30	-106.0
"	N	" F.o.h.	27.40	27.42	- 97.6		27.40	27.41	-101.9
VII-24	S	" F.o.v.	25.65	25.69	-118.6		25.71	25.73	-119.2
"	N	" F.u.v.	25.74	25.79	-116.4		25.78	25.83	-114.6
"	S	" F.u.h.	25.89	25.91	-110.9		25.87	25.91	-109.5
"	N	" F.o.h.	25.86	25.90	-110.7		25.85	25.89	-110.3
			26.54	26.57	-107.1		26.55	26.58	-108.1
			1.0004422				1.0004423		
			-1071				-1081		
			+ 85			+ 83			
			1.0003436			1.0003425			

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Kyōto).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-16	O	II' F.o.h.	27.49	27.50	- 99.8	m 1.0003466	27.51	27.53	-101.3
"	S	" F.u.h.	27.54	27.54	-103.7		27.51	27.53	-100.1
"	N	" F.u.v.	27.59	27.59	-101.9		27.57	27.58	- 99.6
"	O	" F.u.h.	27.58	27.59	-102.4		27.59	27.60	- 98.4
"	S	" F.o.v.	27.73	27.74	-108.8		27.65	27.66	-103.1
			27.59	27.59	-103.3		27.57	27.58	-100.5
Länge der Scala			1.0004593				1.0004592		
Micro-Ablesung			- 1033				-1005		
Red. auf 27°			- 109				- 106		
Λ bei 27°			1.0003451				1.0003481		
Mittel									
VII-18	O	II F.u.v.	26.97	26.97	-101.0		1.0003458	26.98	26.98	- 97.7
"	S	" F.u.h.	27.15	27.17	-106.2	27.08		27.12	-102.9
"	N	" F.o.h.	27.11	27.15	-101.2	27.05		27.11	-111.2
"	O	" F.o.v.	27.16	27.17	-101.5	27.12		27.15	-105.0
"	N	" F.o.h.	27.12	27.18	-106.0	27.16		27.20	-106.6
			27.10	27.13	-103.2	27.08		27.11	-104.7
			1.0004516			1.0004513			
			-1032			-1047			
			- 19			- 15			
			1.0003465			1.0003451			
VII-18	S	III F.o.v.	27.31	27.31	-109.2	1.0003449		27.32	27.32	-110.7
"	O	" F.u.v.	27.41	27.44	-104.5		27.42	27.46	-106.2
"	N	" F.u.h.	27.45	27.50	-102.6		27.41	27.46	-101.8
"	S	" F.o.h.	27.49	27.50	-102.1		27.50	27.48	- 96.0
			27.42	27.44	-104.6		27.41	27.43	-103.7
			1.0004568				1.0004567		
			-1046				-1037		
			- 78				- 76		
			1.0003444				1.0003454		

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Kyōto).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel	Scala.			Pendel	Scala.	
VII-20	O	III' F.o.v.	27.29	27.29	—104.3	m 1.0003453	27.27	27.28	—103.0
"	S	" F.u.v.	27.33	27.35	—102.8		27.31	27.34	—109.1
"	N	" F.u.h.	27.35	27.42	—102.9		27.35	27.43	—106.3
"	O	" F.o.h.	27.41	27.50	—103.5		27.38	27.46	—102.8
			27.35	27.39	—103.4		27.33	27.38	—105.3
Länge der Scala			1.0004560				1.0004558		
Micro-Ablesung			—1034				—1053		
Red. auf 27°			— 65				— 61		
A bei 27°			1.0003461				1.0003444		
Mittel									
VII-20	S	IV' F.u.v.	27.43	27.47	— 97.6	1.0003445	27.44	27.47	—106.6
"	N	" F.o.v.	27.48	27.53	—107.2		27.44	27.52	—107.0
"	O	" F.o.h.	27.50	27.54	—105.1		27.44	27.49	—107.0
"	S	" F.u.h.	27.53	27.56	—102.5		27.51	27.55	—106.7
			27.49	27.53	—103.1		27.46	27.51	—106.8
			1.0004584				1.0004580		
			—1031				—1068		
			— 91				— 85		
			1.0003462				1.0003427		
VII-22	N	IV F.o.v.	26.78	26.80	—101.3	1.0003456	26.74	26.78	—104.4
"	S	" F.u.v.	26.83	26.87	—105.6		26.85	26.89	—108.5
"	N	" F.u.h.	26.90	26.95	— 93.9		26.92	26.97	—115.7
"	S	" F.u.h.	26.95	27.00	—105.1		26.95	27.00	—106.4
"	N	" F.o.h.	27.01	27.04	—101.3		26.02	27.06	—105.0
			26.89	26.93	—101.4		26.90	26.94	—108.0
			1.0004482				1.0004484		
			—1014				—1080		
			+ 20				+ 19		
			1.0003488				1.0003423		

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Kyōto).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-29	N	II F.o.v.	24.33	24.38	—93.2	m 0.2500189	24.38	24.43	—88.7
"	O	" F.u.v.	24.46	24.51	—92.2		24.53	24.61	—94.2
"	N	" F.u.h.	24.54	24.60	—90.3		24.59	24.64	—91.8
"	O	" F.o.h.	24.65	24.72	—88.8		24.70	24.81	—89.4
			24.50	24.55	—91.1		24.55	24.62	—91.0
Länge der Scala			0.2501076				0.2501079		
Micro-Ablesung			—911				—910		
Red. auf 25°			+ 23				+ 21		
Λ bei 25°			0.2500188				0.2500190		
Mittel									
VII-29	S	III F.o.v.	24.77	24.86	—92.9	0.2500200	24.80	24.89	—95.2
"	O	" F.u.v.	24.88	24.97	—90.9		24.92	25.01	—89.5
"	S	" F.u.h.	24.87	24.92	—86.3		24.95	25.02	—89.3
"	O	" F.o.h.	24.95	25.02	—87.9		25.01	25.11	—87.1
			24.87	24.94	—89.5		24.92	25.01	—90.3
			0.2501092				0.2501095		
			—895				—903		
			+ 6				+ 4		
			0.2500203				0.2500196		
VII-30	N	III' F.o.v.	24.98	25.05	—95.6	0.2500185	25.00	25.10	—91.2
"	O	" F.u.v.	25.06	25.13	—90.1		25.11	25.21	—91.9
"	N	" F.u.h.	25.06	25.15	—88.0		25.10	25.18	—93.2
"	O	" F.o.h.	25.14	25.20	—90.5		25.17	25.23	—89.4
			25.06	25.13	—91.0		25.10	25.18	—91.4
			0.2501100				0.2501103		
			—910				—914		
			— 3				— 5		
			0.2500187				0.2500184		

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Kyōto).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-30	S	IV' F.o.v.	25.26	25.29	−90.7	m 0.2500192	25.34	25.40	−91.4
"	O	" F.u.v.	25.31	25.40	−90.6		25.36	25.47	−91.9
"	S	" F.u.h.	25.31	25.40	−88.0		25.38	25.48	−90.4
"	O	" F.o.h.	25.37	25.45	−90.1		25.41	25.51	−91.5
			25.31	25.39	−89.9		25.37	25.47	−91.3
Länge der Scala			0.2501111				0.2501115		
Micro-Ablesung			−899				−913		
Red. auf 25°			−14				−17		
Λ bei 25°			0.2500198				0.2500185		
Mittel									
VII-31	N	IV F.o.v.	25.41	25.47	−98.7		25.41	25.50	−91.7
"	S	" F.u.v.	25.40	25.48	−99.3		25.46	25.57	−95.3
"	N	" F.u.h.	25.47	25.54	−94.6		25.48	25.55	−85.3
"	S	" F.o.h.	25.51	25.56	−92.6		25.56	25.67	−85.5
"	N	" F.o.h.	25.34	25.42	−92.3	25.39	25.47	−82.8	
"	O	" F.u.h.	25.47	25.56	−97.1	25.55	25.68	−87.6	
"	N	" F.u.v.	25.56	25.64	−94.4	25.58	25.67	−91.6	
"	O	" F.o.v.	25.68	22.74	−94.5	25.67	25.74	−94.8	
			25.48	25.55	−94.2	25.51	25.61	−89.3	
			0.2501118			0.2501121			
			−942			−893			
			−22			−24			
			0.2500154			0.2500204			

Schneiden Combina- tion.	Temp. red. auf.	τ_s (Sternzeit).	Λ	Mittel.		L'	Corrn. für elast. Biegung.
				τ_s τ_m	Λ		
I	27.00	^s 1.0064505	^m 1.0003402	$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array}$	$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array}$	^m 0.9929764	^m -0.0003290
II'	"	521	466				
III'	"	513	453				
IV	"	507	456				
I'	27.00	1.0064343	1.0003431	$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array}$	$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array}$	0.9930064	-0.0003290
II	"	384	458				
III	"	328	449				
IV'	"	387	445				
I	25.00	0.5032690	0.2500187	$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array}$	0.2500193	0.9925477	-0.0000020
II'	"	683	220				
III'	"	633	186				
IV	"	678	179				
I'	25.00	0.5032219	0.2500200	$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array}$	0.2500195	0.9927405	-0.0000020
II	"	180	189				
III	"	171	200				
IV'	"	164	192				

$$\begin{aligned}
 \text{Gleichungen für die Länge des einfachen Sekundenpendels.} \quad & \left\{ \begin{array}{l} L = 992.6500 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} + \frac{\Delta\gamma}{406.5} \right) \\ L = 992.6800 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} - \frac{\Delta\gamma}{406.5} \right) \\ L = 992.5562 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} + \frac{\Delta\gamma}{70} \right) \\ L = 992.7490 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} - \frac{\Delta\gamma}{70} \right) \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} \Delta\gamma = 0.00614 \\ \Delta\gamma = 0.00680 \end{array} \right\} 0.00647 \\
 & \qquad \qquad \qquad \beta + \delta = 0.00416
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 992.6500 + 0.0041 + 0.0158 = 992.6699 & -0.8 \\
 L &= 992.6800 + 0.0041 - 0.0158 = 992.6683 & +0.8 \\
 L &= 992.5562 + 0.0165 + 0.0918 = 992.6645 & +4.6 \\
 L &= 992.7490 + 0.0165 - 0.0918 = 992.6737 & -4.6 \\
 & \qquad \qquad \qquad \underline{992.6691}
 \end{aligned}$$

Corn. für Mitschw- ingung.	L_0
^m +0.0000026	0.9926500
+0.0000026	0.9926800
+0.0000105	0.9925562
+0.0000105	0.9927490

Schlussresultat.

$L = 992.669$ mm.

$g = 979.725$ cm/sec² °

$g' = 979.737$ „ corrigirt für die Höhe und Anziehung des Terrains.

$g_0 = 979.737$ „ „ „ Condensation.

$\gamma_0 = 979.743$ „

KANAZAWA.

An der nordöstlichen Ecke des Hauptgebäudes des Daishi-kōtōgakko in Kanazawa, befindet sich ein kleiner dickmauriger feuerfester Speicher; der Pfeiler würde in der Mitte dieses Raumes aufgebaut nach dem Plane in Tafel II. Die Temperatur des Beobachtungsraumes war ziemlich constant und frei von Luftzug oder ähnlichen Störungen.

Die Station liegt auf einer schiefen Ebene, die allmählich zur Hakusan-Kette ansteigt, welche 40 *km.* südlich vom Japanischen Meere emporragt. Nicht weit vom Beobachtungsort findet sich ein altes Schloss, welches durch eine starke Steinmauer umgeschlossn ist, und in 1 *km.* Entfernung fließen südlich der Saigawa und nordlich der Asanogawa; sonst kann man die Nachbarschaft des Beobachtungsortes als ein Terrain betrachten. Der Boden besteht aus Quaternärerde.

Die Messungsergebnisse sind in den folgenden Tabellen enthalten.

Station: { Breite: $36^{\circ} 32',8 N$
 Länge: $9^h 6^m 39^s.5$ östlich von Greenwich.
 Höhe: 26^m ; $\theta=2,0$.

Daishi-kōtō-gakko in Kanazawa.

Datum: 8 bis 21 ten August, 1899.

Beobachter: H. Nagaoka, R. Ōtani und S. Shinjō.

Instrumente.

Chronometer: { Negus 1891 für Koincidenzbeobachtung.
 „ 1622 „ astronomische Beobachtung.

Durchgangsinstrument: Troughton und Simms.

Thermometer:	Gerhardt.	Gerhardt.	Démichel.	Démichel.	Démichel.
	4242	4243	3898	3893	2586
Corrn. bei 28°	-0,07	-0,07	-0,23	-0,03	-0,23

Barometer: Aneroid; Corrn. = $-4,2mm$. (verglichen mit dem Normalbarometer
 der meteorologischen Station in
 Kanazawa.)

Hygrometer: Psychrometer.

Seismometer: Horizontalpendel.

Schneidencombination:

I $F \cdot \boxed{L}$ \vdots $\cdot \cdot \boxed{S}$ \vdots $F \cdot \boxed{S}$ \vdots $\cdot \cdot \boxed{L}$	II $F \cdot \boxed{L}$ \vdots $\cdot \boxed{S}$ \vdots $F \cdot \boxed{S}$ \vdots $\cdot \boxed{L}$	III $F \cdot \boxed{L} \cdot \cdot$ \vdots $\cdot \boxed{S}$ \vdots $F \cdot \boxed{S} \cdot \cdot$ \vdots $\cdot \boxed{L}$	IV $F \cdot \boxed{L}$ \vdots $\boxed{S} \cdot \cdot$ \vdots $F \cdot \boxed{S}$ \vdots $\boxed{L} \cdot \cdot$
---	--	---	--

Biegungscorrection: Correction für Sekundenpendel — 329μ in L

„ „ „ $\frac{1}{2}$ S. pendel — 2μ „ „

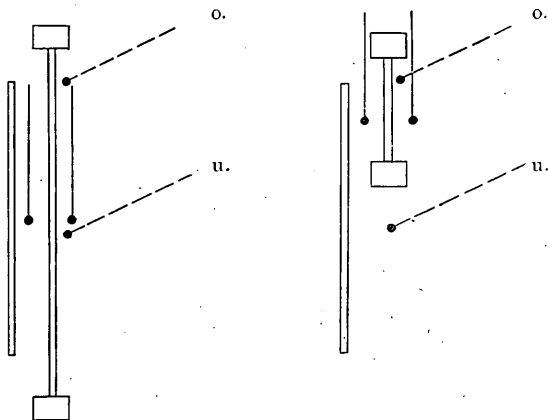
Mitschwingungscorrection: „ „ Sekundenpendel + $4,0\mu$ „ „

„ „ „ $\frac{1}{2}$ S. pendel + $16,0\mu$ „ „

Micrometer: Oben: $100^p = 99,42$ bei 28°

Unten: $100^p = 99,93$ „ „

Lage der Thermometer :



Täglicher Gang des Chronometers 1891.

Datum	(s.z.)	ΔT .	Differenz.	Täglicher Gang.
1899-August 8	17,2 ^h	+50 ^m 15,01 ^s	1,34 ^s	1,36 ^s
9	16,8	16,35	1,02	1,02
10	16,7	17,37	1,14	1,07
11	18,2	18,51	1,24	1,23
12	18,3	19,75	11,71	1,47
20	17,3	31,46	1,58	1,42
21	20,2	33,04		

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- interval.	Temperatur.		Ans- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.		
VIII-9	O	I F.o.v.	158.251 ^s	[28.61]*	28.27 ^o	23.8	756.1 ^{mm}
"	"	" F.u.v.	158.282	[28.69]	28.46	24.0	756.2
"	"	" F.o.v.	157.965	[28.99]	28.65	25.0	755.7
"	"	" F.u.v.	158.161	[29.14]	28.82	24.2	756.5
"	N	" F.u.h.	158.165	[29.28]	28.97	26.2	755.3
"	"	" F.o.b.	157.948	[29.37]	29.06	24.9	755.1
VIII-10	S	I' F.o.v.	158.327	[28.86]	28.59	22.8	754.0
"	"	" F.u.v.	158.341	[28.87]	28.62	25.3	753.5
"	N	" F.u.h.	158.270	[28.95]	28.64	25.2	753.3
"	"	" F.o.h.	158.277	[29.18]	28.68	25.3	752.6
VIII-10	O	II F.o.v.	158.048	[30.08]	29.54	22.9	753.4
"	"	" F.u.v.	157.976	[30.01]	29.41	22.8	753.6
" -11	N	" F.o.h.	158.144	[29.03]	28.68	24.9	752.0
"	"	" F.u.h.	157.999	[29.00]	28.67	26.4	752.1
" -12	"	" F.o.h.	158.261	[29.36]	29.25	24.8	754.2
"	"	" F.u.h.	158.076	[29.34]	29.24	26.0	753.8
VIII-11	S	II' F.u.h.	158.031	[29.48]	29.35	25.0	752.2
" -12	O	" F.o.h.	158.646	[29.08]	28.93	25.7	753.5
"	"	" F.o.v.	158.578	[29.09]	28.97	24.2	754.8
"	S	" F.u.v.	158.106	[29.14]	29.08	25.0	754.5

* Der Quecksilberfaden dieses Thermometers wurde nachher gebrochen gefunden und nicht gebraucht für Temperaturcorrection.

SCHWINGUNGSDAUER

Datum	Beob.	Lage.	Koinc.- interval.	Stangentemp.		Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.		
VIII-12	S	III' F.o.v.	^s 158.594	[30.00]	29.98	23.7	^{mm} 756.6
"	"	" F.u.v.	158.178	[29.91]	29.84	25.0	757.4
" -15	O	" F.o.v.	158.837	[28.28]	28.28	23.2	755.6
"	"	" F.u.v.	158.293	[28.16]	28.22	25.3	755.8
" -13	N	" F.u.h.	158.260	[29.36]	29.26	24.9	758.3
"	"	" F.o.h.	158.561	[29.27]	29.23	23.7	757.6
"	O	" "	158.605	[29.39]	29.26	24.4	759.2
" -15	S	" F.u.h.	158.357	[28.09]	28.04	24.7	755.0
"	"	" F.o.h.	158.894	[28.11]	28.10	22.8	753.7
VIII-13	O	III F.o.v.	157.974	[29.50]	29.39	25.6	760.8
"	S	" F.u.v.	157.882	[29.32]	29.29	23.7	761.1
"	N	" F.u.h.	157.817	[29.32]	29.23	25.6	759.9
"	"	" F.o.h.	158.035	[29.33]	29.29	24.8	760.0
VIII-14	S	IV F.o.v.	158.204	[28.33]	28.27	25.0	759.2
"	"	" F.u.v.	158.486	[28.23]	28.21	24.6	759.7
"	O	" F.u.h.	158.477	[28.31]	28.23	23.9	760.6
"	"	" F.o.h.	158.058	[28.39]	28.34	24.4	760.7
VIII-19	N	IV' F.o.v.	158.315	[28.55]	28.53	23.7	759.5
"	S	" F.u.v.	158.250	[28.51]	28.51	25.6	759.3
"	N	" F.u.h.	158.379	[28.65]	28.63	25.3	757.7
"	S	" F.o.h.	158.471	[28.67]	28.65	23.2	757.9

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- interval.	Stangentemp.		Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.		
VIII-15	S	I' F.o.v.	78.609 ^s	28.26	[28.07]	24.2	755.8 ^{mm}
"	"	" F.u.v.	78.834	28.15	[27.89]	25.4	755.4
" -20	"	" F.o.v.	79.016	24.94	.....	24.6	760.2
"	"	" F.u.v.	79.184	25.12	.....	24.6	759.2
" -16	"	" F.u.h.	79.018	27.39	[27.29]	24.5	751.6
"	"	" F.o.h.	78.753	27.36	[27.20]	25.6	751.9
" -20	N	" F.u.h.	79.174	25.33	[25.16]	26.6	758.3
"	O	" F.o.h.	78.965	25.48	[25.32]	23.8	758.3
VIII-16	N	I F.o.v.	78.474	27.48	[27.42]	25.4	751.9
"	"	" F.u.v.	79.000	27.43	[27.38]	26.0	752.2
" -20	O	" F.o.v.	78.645	25.97	[25.65]	25.0	758.3
"	S	" F.u.v.	79.122	26.12	[25.88]	25.2	758.3
" -16	N	" F.u.h.	79.008	27.49	[27.38]	26.3	752.1
"	"	" F.o.h.	78.422	27.53	[27.41]	25.7	752.2
" -20	S	" F.u.h.	79.127	26.25	[26.02]	24.3	758.5
"	"	" F.o.h.	78.602	26.43	[26.16]	25.3	759.2
VIII-16	S	II F.o.v.	78.653	28.17	[28.04]	25.4	749.5
"	"	" F.u.v.	78.499	28.09	[27.89]	25.0	749.7
" -21	"	" F.o.v.	78.822	26.18	[26.00]	26.0	758.5
"	"	" F.u.v.	78.627	26.18	[25.93]	25.9	758.7
" -17	N	" F.u.h.	78.429	27.63	[27.46]	25.6	751.1
"	"	" F.o.h.	78.655	27.67	[27.52]	25.8	751.5
" -21	S	" F.u.h.	78.703	26.10	[25.82]	26.1	758.4
"	O	" F.o.h.	79.004	26.15	[25.88]	24.4	758.9
VIII-17	N	II' F.o.v.	79.058	27.70	[27.49]	25.2	753.8
"	"	" F.u.v.	78.577	27.55	[27.33]	25.4	752.0
" -21	O	" F.o.v.	79.354	26.28	[26.05]	23.5	758.9
"	N	" F.u.v.	78.717	26.39	[26.25]	25.5	758.4
" -17	O	" F.u.h.	78.503	27.55	[27.39]	25.6	753.4
"	"	" F.o.h.	79.139	27.45	[27.28]	24.9	754.0
" -21	N	" F.u.h.	78.698	26.41	[26.28]	25.0	758.6
"	S	" F.o.h.	79.268	26.71	[26.48]	24.4	757.0
"	"	"	79.260	26.51	[26.34]	25.4	757.7

HALBSEKUNDENPENDEL. (Kanazawa.)

Dunstdruck.	Schwingungsdauer in Uhrzeit-sek.	Reduction			T	r'	Korrektion wegen Druckunterschied.	r in Sternzeit-sek.
		auf Sternzeit.	für α	auf 28°				
mm	s					$\left(\frac{h_2}{h_1-h_2}=1.280\right)$		
22.3	0.5032007	+86	-16	- 12	0.5632065	0.5031864	0	0.5031864
22.3	1915	+86	-17	- 7	1977			
20.2	1841	+83	-16	+141	2049	1873	0	1873
20.7	1773	+83	-16	+132	1972			
22.0	1840	+86	-16	+ 28	1938	1800	0	1800
21.7	1948	+86	-17	+ 29	2046			
21.6	1777	+83	-19	+123	1964	1859	0	1859
21.9	1862	+83	-15	+116	2046			
								0.5031849
						$\left(\frac{h_2}{h_1-h_2}=1.289\right)$		
22.1	0.5032062	+86	-17	+ 24	0.5032155	0.5032431	0	0.5032431
22.2	1847	+86	-18	+ 26	1941			
22.6	1992	+83	-17	+ 94	2152	2412	0	2412
22.6	1797	+83	-17	+ 87	1950			
22.3	1844	+86	-18	+ 23	1935	2484	0	2484
22.5	2084	+86	-17	+ 22	2175			
22.8	1795	+83	-16	+ 81	1943	2412	0	2412
22.9	2010	+83	-17	+ 72	2148			
								0.5032435
						$\left(\frac{h_2}{h_1-h_2}=1.288\right)$		
23.0	0.5031989	+86	-17	- 8	0.5032050	0.5031963	0	0.5031963
22.6	2052	+86	-17	- 4	2117			
21.7	1920	+83	-18	+ 84	2069	1964	0	1964
21.5	2001	+83	-18	+ 84	2150			
21.2	2082	+86	-17	+ 17	2168	1946	0	1946
21.7	1988	+86	-18	+ 15	2071			
21.2	1969	+83	-18	+ 88	2122	1838	0	1838
21.1	1846	+83	-16	+ 85	1998			
								0.5031928
						$\left(\frac{h_2}{h_1-h_2}=1.280\right)$		
22.0	0.5031824	+86	-17	+ 14	0.5031907	0.5032370	0	0.5032370
22.1	2020	+86	-17	+ 21	2110			
21.2	1704	+83	-15	+ 79	1851	2426	0	2426
21.6	1963	+83	-17	+ 74	2103			
22.0	2050	+86	-17	+ 21	2140	2466	0	2466
21.9	1791	+86	-16	+ 25	1886			
21.7	1971	+83	-17	+ 73	2110	2415	0	2415
22.4	1739	+83	-16	+ 60	1866			
21.8	1742	+83	-17	+ 69	1877			0.5032419

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- interval.	Stangentemp.		Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.		
VIII-17	O	III' F.o.v.	^s 79.063	27.57	[27.43]	24.4	^{mm} 755.0
"	"	" F.u.v.	78.504	27.47	[27.27]	24.4	755.1
"	"	" F.u.h.	78.493	27.33	[27.21]	24.5	755.6
"	"	" F.o.h.	79.065	27.22	[27.09]	24.5	755.8
VIII-18	O	III F.o.v.	78.822	26.06	[25.92]	24.5	758.1
"	"	" F.u.v.	78.605	25.89	[25.77]	24.4	758.1
"	S	" F.u.h.	78.495	25.65	[25.52]	26.0	756.6
"	"	" F.o.h.	78.847	25.59	[25.51]	24.2	755.8
VIII-18	N	IV F.o.v.	78.500	25.88	.....	24.8	753.1
"	"	" F.u.v.	78.988	25.71	.....	25.0	753.9
"	S	" F.u.h.	78.987	25.41	[25.28]	25.3	756.0
"	"	" F.o.h.	78.568	25.37	[25.20]	25.2	758.6
VIII-19	S	IV' F.o.v.	78.968	24.76	[24.53]	24.5	760.3
"	"	" F.u.v.	79.136	24.69	[24.46]	25.5	760.7
"	"	" F.u.h.	79.146	24.65	[24.47]	25.4	761.4
"	"	" F.o.h.	78.925	24.64	[24.50]	25.3	761.6

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Kanazawa.)

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VIII-8	N	I F.o.v.	29.45	29.38	— 103.2	m 1.0003762	29.41	29.34	— 107.3
"	S	" F.u.v.	.44	.41	— 102.5		.35	.37	— 107.5
"	N	" F.u.h.	.36	.31	— 103.7		.26	.22	— 105.7
"	S	" F.o.h.	.17	.08	— 104.3		.13	.05	— 109.9
			29.36	29.30	— 103.4		29.29	29.25	— 107.6
Länge der Scala			1.0004882				1.0004873		
Micro-Ablesung			— 1034				— 1076		
Red. auf 29°			— 67				— 54		
Λ 29° bei Mittel			1.0003781				1.0003743		
VIII-10	S	I' F.o.v.	29.08	29.09	— 108.0		1.0003768	29.10	29.11	— 107.8
"	N	" F.u.v.	.21	.26	— 103.2	.20		.25	— 108.4
"	S	" F.u.h.	.17	.20	— 105.5	.16		.18	— 107.8
"	N	" F.o.h.	.27	.31	— 105.2	.22		.27	— 106.7
			29.18	29.22	— 105.5	29.17		29.20	— 107.7
			1.0004868			1.0004865			
			— 1055			— 1077			
			— 33			— 32			
			1.0003780			1.0003756			
VIII-10	S	II F.o.v.	29.54	29.57	— 103.1	1.0003768		29.54	29.57	— 99.7
"	S	" F.u.v.	.38	.38	— 97.1		.38	.38	— 101.2
"	O	" F.u.h.	.46	.46	— 104.5		.46	.47	— 104.0
"	S	" F.o.h.	.55	.58	— 97.4		.53	.57	— 98.0
			29.48	29.50	— 100.5		29.48	29.50	— 100.7
			1.0004915				1.0004915		
			— 1005				— 1007		
			— 89				— 89		
			1.0003821				1.0003819		

						1.0003762
						1.0003768
						1.0003820

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Kanazawa.)

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VIII-12	S	II' F.o.v.	29.52	29.52	- 98.7	m 1.0003818	29.46	29.47	- 102.9
"	O	" F.u.v	.51	.51	- 101.3		.48	.46	- 99.9
"	S	" F.u.h.	.53	.52	- 98.6		.52	.52	- 99.4
"	O	" F.o.h.	.70	.67	- 100.3		.64	.62	- 101.7
			29.57	29.56	- 99.7		29.53	29.52	- 101.0
		Länge der Scala	1.0004926				1.0004919		
		Micro-Ablesung	- 997				- 1010		
		Red. auf 29°	- 105				- 98		
		Λ bei 29°	1.0003824				1.0003811		
		Mittel							
VIII-12	N	III' F.o.v.	29.74	29.73	- 95.6	1.0003805	29.69	29.71	- 97.7
"	O	" F.u.v.	.80	.78	- 98.2		.75	.74	- 99.2
"	N	" F.u.h.	.87	.87	- 107.7		.79	.79	- 108.1
"	O	" F.o.h.	.79	.75	- 101.2		.77	.73	- 101.3
			29.80	29.78	- 100.7		29.75	29.74	- 101.6
			1.0004963				1.0004956		
			- 1007				- 1016		
			- 148				- 139		
			1.0003808				1.0003801		
VIII-13	S	III F.o.v.	29.36	29.33	- 100.2	1.0003787	29.33	29.32	- 104.9
"	O	" F.u.v.	.45	.39	- 101.4		.39	.33	- 103.1
"	S	" F.u.h.	.37	.37	- 105.5		.28	.29	- 107.7
"	O	" F.o.h.	.38	.36	- 101.3		.28	.27	- 103.5
			29.39	29.36	- 102.1		29.32	29.30	- 104.8
			1.0004892				1.0004882		
			- 1021				- 1048		
			- 72				- 59		
			1.0003799				1.0003775		

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Kanazawa.)

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VIII-13	S	IV F.o.v.	29.03	29.03	— 96.4	m 1.0003821	29.14	29.13	— 104.0
"	O	" F.u.v.	.30	.29	— 100.6		.24	.23	— 101.8
"	S	" F.u.h.	.19	.19	— 99.4		.06	.07	— 104.0
"	O	" F.o.h.	.10	.11	— 99.4		.13	.13	— 100.5
			29.16	29.16	— 99.0		29.14	29.14	— 102.6
Länge der Scala			1.0004858				1.0004855		
Micro-Ablesung			— 990				— 1026		
Red. auf 29°			— 30				— 26		
Λ bei 29°			1.0003838				1.0003803		
Mittel									
VIII-14	S	IV' F.o.v.	28.82	28.83	— 102.0	1.0003799	28.77	28.79	— 104.9
"	O	" F.u.v.	.88	.86	— 100.8		.73	.73	— 103.2
"	S	" F.u.h.	.78	.78	— 103.5		.72	.73	— 107.1
"	O	" F.o.h.	.80	.78	— 103.7		.78	.77	— 103.1
			28.82	28.81	— 102.5		28.75	28.76	— 104.6
			1.0004799				1.0004790		
			— 1025				— 1046		
			+ 33				+ 46		
			1.0003807				1.0003790		

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Kanazawa.)

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VIII-15	N	I' F.o.v.	28.69	28.69	-92.4	m 0.2500323	28.73	28.70	-93.5
"	N	" F.u.v.	.81	.77	-88.2		.76	.77	-84.8
"	O	" F.u.h.	.74	.76	-86.0		.78	.83	-89.3
"	O	" F.o.h.	.72	.71	-90.4		.72	.71	-91.7
			28.74	28.73	-89.3		28.75	28.75	-89.8
Länge der Scala			0.2501252				0.2501253		
Micro-Ablesung			-893				-898		
Red. auf 28°			-34				-35		
Λ bei 28°			0.2500325				0.2500320		
Mittel									
VIII-16	S	I F.o.v.	28.12	28.09	-90.2	0.2500324	28.11	28.08	-94.9
"	S	" F.u.v.	.13	.13	-85.9		.17	.18	-88.3
"	O	" F.u.h.	.21	.17	-87.2		.20	.16	-90.2
"	O	" F.o.h.	.20	.18	-89.8		.24	.23	-89.7
			28.17	28.14	-88.3		28.18	28.16	-90.8
			0.2501227				0.2501228		
			-883				-908		
			-8				-8		
			0.2500336				0.2500312		
VIII-16	S	II F.o.v.	28.18	28.18	-86.2	0.2500342	28.29	28.28	-87.9
"	S	" F.u.v.	.32	.29	-85.7		.33	.32	-88.3
"	O	" F.u.h.	.33	.30	-87.5		.37	.36	-89.6
"	O	" F.o.h.	.40	.38	-87.7		.37	.32	-88.4
			28.31	28.29	-86.8		28.34	28.32	-88.6
			0.2501233				0.2501234		
			-868				-886		
			-14				-16		
			0.2500351				0.2500332		

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Kanazawa.)

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VIII-17	S	II' F.o.v.	27.52	27.50	—86.9	m 0.2500351	27.58	27.58	—89.7
"	N	" F.u.v.	.64	.63	—85.8		.62	.61	—89.3
"	S	" F.u.h.	.56	.54	—84.7		.61	.58	—83.3
"	N	" F.o.h.	.56	.66	—89.3		.65	.67	—88.4
			27.60	27.58	—86.7		27.62	27.61	—87.7
Länge der Scala			0.2501203				0.2501205		
Micro-Ablesung			—867				—877		
Red. auf 28°			+ 19				+ 18		
Λ bei 28°			0.2500355				0.2500346		
Mittel									
VIII-17	O	III' F.o.v.	27.45	27.43	—87.6	0.2500262	27.52	27.52	—88.9
"	O	" F.u.v.	.55	.54	—88.4		.55	.57	—88.6
"	S	" F.u.h.	.57	.54	—84.2		.64	.64	—85.9
"	S	" F.o.h.	.73	.74	—82.8		.71	.74	—88.1
			27.58	27.56	—85.8		27.61	27.62	—87.9
Länge der Scala			0.2501202				0.2501205		
Micro-Ablesung			—858				—879		
Red. auf 26°			— 73				— 74		
Λ bei 26°			0.2500271				0.2500252		
Mittel									
VIII-18	N	III F.o.v.	25.84	25.84	—93.4	0.2500234	25.85	25.87	—93.3
"	N	" F.u.v.	.88	.88	—89.6		.89	.88	—88.9
"	N	" F.u.h.	.94	.89	—89.7		.92	.92	—89.1
"	N	" F.o.h.	.98	.99	—87.8		.95	.98	—91.4
			25.91	25.90	—90.1		25.90	25.91	—90.7
			0.2501133				0.2501133		
			—901				—907		
			+ 4				+ 5		
			0.2500236				0.2500231		

0.2500234

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Kanazawa.)

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VIII-18	S	IV F.o.v.	25.93	25.93	—89.3 ^μ	m 0.2500237	25.99	52.98	—91.5 ^μ
„	S	„ F.u.v.	.99	.98	—89.2		.96	.98	—94.6
„	O	„ F.u.h.	.98	.98	—88.1		.96	.98	—88.7
„	O	„ F.o.h.	.87	.88	—88.6		.88	.90	—89.8
			25.94	25.94	—88.8		25.95	25.96	—91.2
Länge der Scala			0.2501134				0.2501135		
Micro-Ablesung			—888				—912		
Red. auf 26°			+ 3				+ 2		
Λ bei 26°			0.2500249				0.2500225		
Mittel									
VIII-19	N	IV' F.o.v.	25.16	25.15	—92.4	0.2500232	25.14	25.14	—93.0
„	N	„ F.u.v.	.13	.12	—91.7		.18	.17	—92.4
„	O	„ F.u.h.	.22	.21	—88.9		.25	.26	—90.9
„	O	„ F.o.h.	.30	.22	—88.8		.30	.27	—88.5
			25.20	25.18	—90.5		25.22	25.21	—91.2
			0.2501103				0.2501104		
			—905				—912		
			+ 37				+ 36		
			0.2500235				0.2500228		

Schneiden Combina- tion.	Temp. red. auf	τ_s (Sternzeit)	Λ	Mittel.		L'	Corrn. für elast. Biegung.
				τ_s τ_m	Λ		
I	29.00	^s 1.0063862	^m 1.0003762	$\left. \begin{array}{l} \text{ }^s 1.0063892 \\ 1.0036413 \end{array} \right\}$	^m 1.0003802	^m 0.9931341	^m -0.0003290
II'	"	892	818				
III'	"	871	805				
IV	"	941	821				
I'	29.00	1.0063686	1.0003768	$\left. \begin{array}{l} 1.0063717 \\ 1.0036239 \end{array} \right\}$	1.0003794	0.9931680	-0.0003290
II	"	674	820				
III	"	745	787				
IV'	"	763	799				
I	28.00	0.5032435	0.2500324	$\left. \begin{array}{l} 0.5032392 \\ 0.5018652 \end{array} \right\}$	0.2500294	0.9926975	-0.0000020
II'	"	419	351				
III'	26.00	353	262				
IV	"	362	237				
I'	28.00	0.5031849	0.2500323	$\left. \begin{array}{l} 0.5031859 \\ 0.5018121 \end{array} \right\}$	0.2500283	0.9929034	-0.0000020
II	"	928	342				
III	26.00	840	234				
IV'	"	819	232				

$$\begin{array}{l}
 \text{Gleichungen} \\
 \text{für die} \\
 \text{Länge des} \\
 \text{einfachen} \\
 \text{Sekundenpendels.}
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 L = 992.8091 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} + \frac{4\gamma}{406.5} \right) \\
 L = 992.8430 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} - \frac{4\gamma}{406.5} \right) \\
 L = 992.7115 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} + \frac{4\gamma}{70} \right) \\
 L = 992.9174 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} - \frac{4\gamma}{70} \right)
 \end{array} \right.
 \begin{array}{l}
 4\gamma = 0.00694 \\
 4\gamma = 0.00726 \\
 \beta + \delta = 0.00390
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} L = 992.8091 \\ L = 992.8430 \\ L = 992.7115 \\ L = 992.9174 \end{array}} \right\} 0.00710$$

$$L = 992.8091 + 0.0039 + 0.0173 = 992.8303 \quad -0.3$$

$$L = 992.8430 + 0.0037 - 0.0173 = 992.8296 \quad +0.4$$

$$L = 992.7115 + 0.0155 + 0.1007 = 992.8277 \quad +2.3$$

$$L = 992.9174 + 0.0155 - 0.1007 = 992.8322 \quad -2.2$$

$$\underline{992.8300}$$

Corrn. für Mitschw.	L_0
$+0.0000040^m$	0.9928091^m
$+0.0000040$	0.9928430
$+0.0000160$	0.9927115
$+0.0000160$	0.9929174

$L=992.830$ mm.

$g=979.834$ cm/sec².

$g'_0=979.890$ „ corrigirt für die Höhe und Anziehung des Terrains.

$g_0=979.875$ „ „ „ „ Condensation.

$\gamma_0=979.878$ „

TŌKYŌ.

Die Pendel wurden in Central-süd-ost-keller (Tafel II) des physikalischen Instituts der Universität geschwungen. Der Granitpfeiler, den wir in Kyōto gebraucht haben, wurde hier wieder aufgebaut, und darauf die Pendel geschwungen. Der Keller hat sich sehr gut gegen die Temperaturschwankungen gehalten, da wir die Eingangsthür zugeschlossen und von Aussen die Koincidenzbeobachtung gemacht haben.

Das Institut ist auf einem Boden gebaut, welcher nicht sehr fest ist; deswegen hat man grosse Sorgfalt gegenüber den Erdbeben anzuwenden. Das Erdbeben in Alaska hat den Boden in langsame aber grosse Bewegung versetzt, wovon die Koincidenzbeobachtung und das Erdbebendiagramm genaue Kenntniss giebt. Die Störungen in topographischen Ursprungs werden sehr gering sein im Vergleich zu Kyōto oder Kanazawa, da die Stadt Tōkyō auf einer sehr weiten Ebene gebaut ist.

Die folgenden Tabellen enthalten die Messungsergebnisse :—

Station: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Breite : } 35^{\circ} 42',6 \text{ N.} \\ \text{Länge : } 9^{\text{h}} 19^{\text{m}} 3^{\text{s}} \text{ östlich von Greenwich.} \\ \text{Höhe : } 15^{\text{m}} : \theta = 2,0 \end{array} \right.$

Physikalisches Institut der Universität zu Tōkyō.

Datum: 9 bis 16ten September, 1899.

Beobachter: H. Nagaoka, R. Ōtani und S. Shinjō.

Instrumente.

Chronometer: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Negus No. 1891 für Koincidenzbeobachtung.} \\ \text{„ „ 1622 „ astronomische Beobachtung.} \end{array} \right.$

Durchgangsinstrument: Kübel.

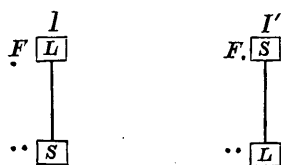
Thermometer:	Gerhardt	Gerhardt
	4242	4243
Corn. bei 20°	—0,08	—0,08

Barometer: Aneroid Casella No. 2452: richtig.

Hygrometer: Psychrometer.

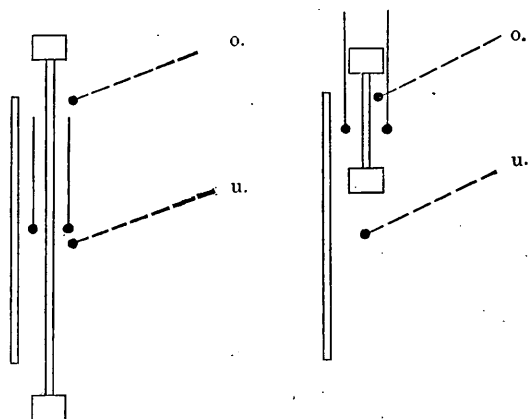
Seismometer: Horizontalpendel.

Schneidencombination des Pendels:



Biegungscorrection:	Correction für Sekundenpendel	—329 μ	in L
	„ „ $\frac{1}{2}$ S. pendel	— 2 μ	„ „
Mitschwingungscorrection:	„ „ Sekundenpendel	3,4 μ	„ L
	„ „ $\frac{1}{2}$ S. pendel	13,4 μ	„ „
Micrometer:	Oben : $100^{\circ} = 100,^{\circ}91$	bei 22°	
	Unten : $100^{\circ} = 100,^{\circ}46$	„ „	

Lage der Thermometer :



Täglicher Gang des Chronometers 1891.

Datum (S.Z.)	ΔT	Differenz.	Mittlerer täglicher Gang.
1899-September-9 21,9 ^h	1 ^h 3 ^m 35,18 ^s		
10 17,9	36,62	1,44 ^s	1,63 ^s
11 18,2	38,36	1,74	1,76
12 18,4	40,41	2,05	1,96
13 19,0	42,22	1,81	1,77
14 19,4	43,55	1,33	1,30
16 18,8	47,04	3,49	1,83

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{(o) + 3(u)}{4}$		
IX-10	N	I F.o.v.	158.794 ^s	22.15	22.11	22.12	19.1	mm 756.0
"	"	" F.u.v.	158.925	21.98	21.93	21.94	19.0	756.8
" -11	S	" F.u.v.	159.295	21.51	21.52	21.52	17.5	751.2
"	"	" F.o.v.	158.875	21.60	21.62	21.62	19.0	754.0
" -10	O	" F.u.h.	158.895	21.89	21.78	21.81	18.8	757.1
"	"	" F.o.h.	158.701	21.85	21.82	21.83	19.4	757.2
" -11	N	" F.o.h.	158.955	21.68	21.62	21.64	19.0	754.5
"	S	" F.u.h.	159.245	21.62	21.60	21.60	19.2	755.1
IX-12	N	I' F.o.v.	159.311	21.32	21.29	21.30	18.0	754.4
"	"	" F.u.v.	159.244	21.31	21.30	21.30	19.1	754.7
"	"	" F.u.v.	159.098	21.36	21.37	21.37	19.0	753.8
"	"	" F.o.v.	159.106	21.36	21.34	21.34	17.6	754.4
"	O	" F.u.h.	159.221	21.38	21.34	21.35	19.0	754.8
"	"	" F.o.h.	159.084	21.38	21.31	21.33	17.9	753.8
"	S	" F.o.h.	159.110	21.19	21.24	21.23	18.5	753.8
"	"	" F.u.h.	159.152	21.25	21.29	21.28	19.0	753.6

SEKUNDENPENDEL. (Tōkyō).

Dunstdruck.	Schwingungsdauer in Uhrzeit- sek.	Reduction			T	τ'	Korrektion wegen Druck- unter- schied.	τ in Stern- zeit-sek.
		auf Stern- zeit.	für α	auf 22°				
mm	s				s	$\left(\frac{h_2}{h_1 - h_2} = 0.733\right)$		
18.8	1.0063374	+190	-19	-11	1.0063534	$\frac{1.0063561}{1.0063561}$	+1	^s 1.0063562
18.8	320	+190	-19	+6	497			
18.3	173	+205	-16	+45	407	676	0	676
18.4	341	+205	-19	+35	562			
18.2	332	+190	-19	+18	521	653	0	653
18.3	411	+190	-20	+16	597			
18.3	308	+205	-19	+34	528	611	+1	612
18.2	193	+205	-20	+37	415			1.0063626
17.8	1.0063167	+228	-17	+65	1.0063443	$\left(\frac{h_2}{h_1 - h_2} = 0.728\right)$		
18.1	193	+228	-19	+65	467	$\frac{1.0063484}{1.0063484}$	0	1.0063484
17.8	252	+228	-19	+59	520	518	+1	519
17.7	249	+228	-16	+61	522			
17.9	203	+228	-19	+60	472	430	-1	429
17.5	257	+228	-17	+62	530			
17.8	247	+228	-18	+72	529	489	0	489
17.8	230	+228	-19	+67	506			1.0063480

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{4(o) + (u)}{5}$		
IX-14	S	I F.o.v.	78.733	21.34	21.27	21.33	18.8	762.9 ^{mm}
"	"	" F.u.v.	79.219	21.27	21.21	21.26	20.4	762.5
"	N	" F.u.v.	79.202	21.33	21.31	21.33	20.5	761.0
"	"	" F.o.v.	78.633	21.32	21.28	21.31	19.2	761.0
"	"	" F.u.h.	79.247	21.35	21.32	21.34	20.5	761.5
"	"	" F.o.h.	78.641	21.33	21.31	21.33	18.8	761.0
"	"	" F.o.h.	78.629	21.32	21.32	21.32	18.8	761.2
"	"	" F.u.h.	79.199	21.32	21.30	21.32	20.6	761.0
IX-13	N	I F.o.v.	79.092	21.41	21.29	21.39	20.5	756.9
"	"	" F.u.v.	79.152	21.33	21.31	21.33	19.3	756.9
"	"	" F.u.v.	78.997	21.34	21.33	21.34	19.2	759.0
"	"	" F.o.v.	79.052	21.43	21.39	21.42	21.0	758.4
"	S	" F.u.h.	79.125	21.37	21.29	21.35	19.3	757.0
"	N	" F.o.h.	79.040	21.45	21.40	21.44	21.0	757.1
"-14	O	" F.o.h.	79.033	21.15	21.12	21.14	21.0	762.8
"	"	" F.u.h.	79.238	21.03	21.01	21.03	19.4	762.9

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Tōkyō).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
IX-10	S	I F.o.v.	21.93	22.03	—115.7 ^μ	m 1.0002504	21.87	22.00	—116.5 ^μ
„	O	„ F.u.v.	22.01	22.07	—115.1		21.91	22.02	—117.0
„	S	„ F.u.h.	22.04	22.15	—117.5		21.92	22.08	—120.2
„	O	„ F.o.h.	22.17	22.26	—115.6		22.10	22.22	—117.1
			22.04	22.13	—116.0		21.95	22.08	—117.7
		Länge der Scala		1.0003676				1.0003667	
		Micro-Ablesung		—1160				—1177	
		Red. auf 22°		— 7				+ 9	
		Λ bei 22°		1.0002509				1.0002499	
		Mittel.							
IX-13	S	I' F.o.v.	21.03	21.11	—117.8	1.0002496	20.96	21.06	—118.6
„	O	„ F.u.v.	21.12	21.20	—119.2		21.08	21.16	—119.2
„	S	„ F.u.h.	21.21	21.25	—117.2		21.07	21.17	—121.4
„	O	„ F.o.h.	21.24	21.28	—117.1		21.20	21.29	—117.5
			21.15	21.21	—117.8		21.08	21.16	—119.2
				1.0003521				1.0003513	
				—1178				—1192	
				+ 157				+ 170	
				1.0002500				1.0002491	

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Tōkyō).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
IX-15	N	I F.o.v.	21.46	21.42	μ -89.8	m 0.2500056	21.50	21.48	μ -94.0
"	"	" F.u.v.	21.65	21.67	-90.1		21.64	21.69	-93.2
"	O	" F.u.h.	21.74	21.82	-89.9		21.78	21.86	-92.5
"	"	" F.o.h.	21.83	21.88	-91.2		21.87	21.97	-92.0
			21.67	21.70	-90.3		21.70	21.75	-92.9
Länge der Scala			0.2500956				0.2500959		
Micro-Ablesung			-903				-929		
Red. auf 22°			+ 15				+ 14		
\wedge bei 22°			0.2500068				0.2500044		
Mittel.									
IX-13	S	I' F.o.v.	21.62	21.72	-91.1		0.2500071	21.61	21.74	-94.4
"	O	" F.u.v.	21.66	21.79	-89.0	21.67		21.84	-94.8
"	S	" F.u.h.	21.62	21.82	-84.0	21.61		21.81	-93.4
"	O	" F.o.h.	21.61	21.81	-88.1	21.64		21.82	-90.3
			21.63	21.79	-88.0	21.63		21.80	-93.2
			0.2500960			0.2500961			
			-880			-932			
			+ 17			+ 17			
			0.2500097			0.2500046			

Schneiden Combina- tion.	Temp. red. auf	r_s r_m	Λ	L'	Corrn. für elast. Biegung.	Corrn. für Mitschwin- gung.	L_0
I	22.00	^s 1.0063625 1.0086149	^m 1.0002504	^m 0.9930577	^m -0.0003290	^m +0.0000034	^m 0.9927321
I'	22.00	1.0063480 1.0036003	1.0002496	0.9930859	-0.0003290	+0.0000034	0.9927603
I	22.00	0.5032380 0.5018640	0.2500056	0.9926074	-0.0000020	+0.0000134	0.9926188
I'	22.00	0.5031884 0.5018145	0.2500071	0.9928698	-0.0000020	+0.0000134	0.9928212

Gleichungen für die Länge des einfachen Sekundenpendels.

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 992.7321 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} + \frac{\Delta\gamma}{406.5} \right) \\ L = 992.7603 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} - \frac{\Delta\gamma}{406.5} \right) \\ L = 992.6188 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} + \frac{\Delta\gamma}{70} \right) \\ L = 992.8212 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} - \frac{\Delta\gamma}{70} \right) \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} \Delta\gamma = 0.00577 \\ \Delta\gamma = 0.00714 \end{array} \right\} 0.00645$$

$$\beta + \delta = 0.00880$$

$$\begin{array}{rcl} L = 992.7321 + 0.0087 + 0.0158 & = & 992.7566 \quad -1.7 \\ L = 992.7603 + 0.0087 - 0.0158 & = & 992.7532 \quad +1.7 \\ L = 992.6188 + 0.0349 + 0.0916 & = & 992.7453 \quad +9.6 \\ L = 992.8212 + 0.0349 - 0.0916 & = & 992.7645 \quad -9.6 \end{array}$$

992.7549

$$\begin{array}{ll} L & = 992.755 \quad \text{mm.} \\ g & = 979.810 \quad \text{cm/sec}^2 \\ g_0' & = 979.813 \quad \text{,,} \\ g_0 & = 979.791 \quad \text{,,} \\ \gamma_0 & = 979.806 \quad \text{,,} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{corrigirt für die Höhe und Anziehung des Terrains.} \\ \text{,,} \\ \text{,,} \\ \text{,,} \end{array}$$

MIZUSAWA.

Als Beobachtungsraum (Tafel II) wurde ein Keller der internationalen Breitenstation benutzt. Er liegt 130m. nördlich des Breitenbeobachtungsraumes. Statt des Pfeilers wurde das Mauerstativ verwendet, welches zum Zweck der Schwerkraftsbestimmung, beim Erbauen des Gebäudes, an der Westwand des Kellers errichtet worden war. Der Beobachtungsraum war ziemlich eng und daher leidet er etwas an Temperaturschwankungen, im Vergleich mit den anderen Stationen. Ferner war die Luftfeuchtigkeit immer ziemlich gross, sodass man den Unterschied in den beiden Psychrometerthermometern selten bemerkt hat. Es ist daher zu befürchten dass die Oberfläche des Pendels während der Beobachtung mit einem Wasserniederschlag bedeckt war.

Für genaue Beschreibung des Beobachtungsortes verweisen wir auf den ausführlichen Bericht in den Verhandlungen der zwölften internationalen geodätischen Conferenz.

In den Folgenden finden sich die Messungsergebnisse in tabellarischer Form dargestellt.

Station { Breite : $39^{\circ} 8' 7''$ N.
 Länge : $9^{\text{h}} 24^{\text{m}} 30^{\text{s}}$ östlich von Greenwich.
 Höhe : 60m. ; $\theta = 2,5$

Keller der Breitenstation zu Mizusawa.

Datum : 13 bis 27ten Juli, 1900.

Beobachter : S. Shinjō und R. Ōtani.

Instrumente.

Chronometer : { Negus No. 1891 für Koincidenzbeobachtung.
 „ „ 1622 • „ astronomische Beobachtung.
 „ „ 1888 „ Vergleichung mit Chronograph.

Durchgangsinstrument : Troughton und Simms.

	Gerhardt.	Démichel	Démichel
	4243	1425	1426
Thermometer : Corrn. bei 17°	−0,07	−0,28	−0,41
„ 18°	−0,08	−0,30	−0,40
„ 19°	−0,08	−0,31	−0,38
„ 20°	−0,08	−0,31	−0,38
„ 21°	−0,08	−0,32	−0,39
„ 22°	−0,08	−0,35	−0,40

Barometer : Aneroid Casella No. 2452 ; Corrn. −1,9mm.

Hygrometer : Psychrometer der Breitenstation.

Seismometer : Horizontalpendel.

Schneidencombination
 des Pendels : { $\begin{array}{c} F. \boxed{L} \\ | \\ \cdot \cdot \boxed{S} \end{array}$ $\begin{array}{c} F. \boxed{S} \\ | \\ \cdot \cdot \boxed{L} \end{array}$ $\begin{array}{c} F. \boxed{L} \\ | \\ \cdot \boxed{S} \end{array}$ $\begin{array}{c} F. \boxed{S} \\ | \\ \cdot \boxed{L} \end{array}$

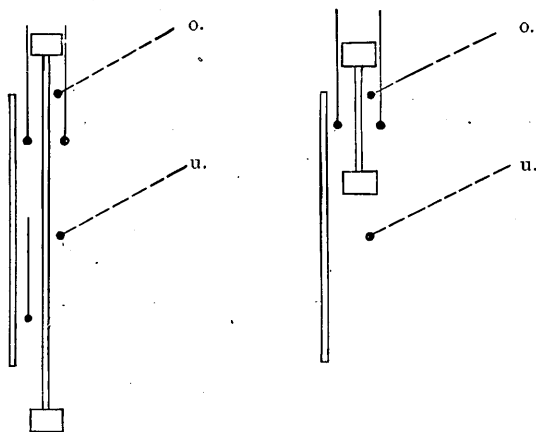
L bedeutet leichtes Gewicht.

S „ „ schweres „

Biegungscorrection : Correction für Sekundenpendel -329μ in L
 „ „ $\frac{1}{2}$ S. pendel -2μ „ „
 Mitschwingungscorrection : „ „ Sekundenpendel $+0,4\mu$ „ „
 „ „ $\frac{1}{2}$ S. pendel $+1,5\mu$ „ „

Micrometer: Oben : $100^p = 100,57^\mu$ bei 21°
 Unten : $100^p = 100,63^\mu$ „ „

Lage der Thermometer :



Täglicher Gang des Chronometers. No. 1891.

Datum (S.Z.)	ΔT	Differenz.	Mittlerer täglicher Gang.
1900-Juli-13 16 ^h 49,0 ^m	+ 16,40 ^s	5,58 ^s	1,84 ^s
16 17 20,0	21,98	1,58	1,63
17 16 22,0	23,56	7,47	1,86
21 16 43,0	31,03	7,07	1,41
26 17 0,0	38,10	0,76	0,79
27 16 6,5	38,86		

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{(o) + 3(u)}{4}$		
VII-14	S	I F.o.v.	164.261 ^s	19.09	19.05	19.06	19.4	748.5
"	S	" F.u.v.	164.636	18.96	18.84	18.97	17.9	748.5
"	O	" F.u.h.	164.709	19.09	18.83	18.90	17.9	748.9
"	O	" F.o.h.	164.288	19.08	18.82	18.89	18.7	749.3
" -15	S	" F.o.h.	164.582	18.21	18.07	18.11	18.6	747.4
"	S	" F.u.h.	164.908	18.56	18.42	18.46	17.9	746.8
"	O	" F.u.v.	164.893	18.70	18.42	18.49	17.9	746.8
"	O	" F.o.v.	164.452	18.82	18.46	18.55	18.6	746.4
VII-17	S	I' F.o.v.	164.978	17.77	17.66	17.69	18.1	748.0
"	S	" F.u.v.	164.966	17.60	17.49	17.52	18.9	748.1
"	O	" F.u.h.	164.897	17.90	17.67	17.73	18.5	748.6
"	O	" F.o.h.	164.976	17.90	17.73	17.77	17.9	748.5
VII-27	O	" F.o.v.	164.311	19.91	19.57	19.66	17.9	751.1
"	O	" F.u.v.	164.229	20.16	19.65	19.78	18.7	751.7
"	S	" F.u.h.	164.217	20.12	19.67	19.78	18.9	751.5
"	S	" F.o.h.	164.253	20.28	19.85	19.96	17.5	751.1
VII-18	O	II' F.o.v.	165.593	17.14	17.03	17.06	17.9	749.7
"	O	" F.u.v.	165.087	17.36	17.19	17.23	18.9	749.4
"	S	" F.u.h.	164.887	17.64	17.49	17.53	19.2	748.5
"	S	" F.o.h.	165.363	17.60	17.40	17.45	17.8	747.6
"	O	" F.o.h.	165.290	17.64	17.39	17.45	17.8	747.3
"	O	" F.u.h.	164.791	17.62	17.40	17.46	18.9	746.2
"	S	" F.u.v.	164.823	17.50	17.40	17.43	18.9	745.1
"	S	" F.o.v.	165.213	17.56	17.45	17.48	17.7	745.1
VII-19	S	II F.o.v.	164.829	17.47	17.37	17.40	18.9	750.6
"	S	" F.u.v.	164.833	17.44	17.32	17.35	18.3	751.4
"	O	" F.u.h.	164.750	17.55	17.30	17.36	18.1	752.4
"	O	" F.o.h.	164.936	17.50	17.28	17.34	19.3	753.1
" -20	S	" F.o.h.	165.154	16.66	16.51	16.55	18.8	751.7
"	S	" F.u.h.	164.908	16.95	16.85	16.88	18.9	751.5
"	O	" F.u.v.	164.855	17.15	16.94	16.99	18.3	750.6
"	O	" F.o.v.	164.929	17.17	16.98	17.03	18.9	749.6

SEKUNDENPENDEL. (Mizusawa).

[illegible]

SCHWINGUNGSDAUER

Datum.	Beob.	Lage.	Koinc.- intervall.	Stangentemp.			Aus- schlag in der Mitte.	Luft- druck.
				o.	u.	$\frac{4(o) + (u)}{5}$		
VII-21	S	I F.o.v.	81.588 ^s	17.49 ^o	17.35 ^o	17.46 ^o	18.4	748.9 ^{mm}
"	S	" F.u.v.	82.345	17.55	17.40	17.52	19.1	749.1
"	O	" F.u.h.	82.341	17.65	17.32	17.58	19.8	749.4
"	O	" F.o.h.	81.637	17.92	17.51	17.84	19.1	750.1
"	S	" F.o.h.	81.662	17.90	17.60	17.84	19.2	750.1
"	S	" F.u.h.	82.282	17.80	17.50	17.74	19.1	750.8
" -22	O	" F.u.v.	82.378	17.05	16.87	17.01	19.7	752.8
"	O	" F.o.v.	81.787	17.29	17.03	17.24	18.9	752.6
VII-22	S	I' F.o.v.	81.883	18.82	18.30	18.72	21.0	750.2
"	S	" F.u.v.	82.020	18.63	18.21	18.55	18.7	750.0
"	O	" F.u.h.	81.972	18.59	18.13	18.50	18.7	750.3
"	O	" F.o.h.	81.946	18.56	18.11	18.47	20.2	750.1
" -23	S	" F.o.h.	82.009	17.80	17.61	17.76	21.2	749.0
"	S	" F.u.h.	82.092	17.98	17.70	17.92	19.1	749.1
"	O	" F.u.v.	82.081	18.30	17.89	18.22	18.9	749.5
"	O	" F.o.v.	81.936	18.54	18.21	18.47	20.0	749.5
VII-24	O	II' F.o.v.	82.373	18.52	18.22	18.46	20.5	750.6
"	O	" F.u.v.	81.623	18.64	18.29	18.57	18.9	750.5
"	S	" F.u.h.	81.628	18.64	18.39	18.59	19.1	750.3
"	S	" F.o.h.	82.283	18.82	18.54	18.76	19.7	749.9
"	O	" F.o.h.	82.304	18.93	18.48	18.84	20.1	749.9
"	O	" F.u.h.	81.605	19.00	18.53	18.91	19.1	749.5
"	S	" F.u.v.	81.599	18.99	18.68	18.93	18.9	749.5
"	S	" F.o.v.	82.363	19.14	18.73	19.06	18.7	750.1
VII-25	S	II F.o.v.	81.598	19.72	19.23	19.62	18.9	747.2
"	S	" F.u.v.	81.448	19.57	19.08	19.47	20.2	747.0
"	O	" F.u.h.	81.405	19.49	18.99	19.39	20.2	747.4
"	O	" F.o.h.	81.642	19.44	19.08	19.37	19.3	747.5
" -26	S	" F.o.h.	81.783	18.81	18.55	18.76	18.9	747.9
"	S	" F.u.h.	81.509	19.07	18.77	19.01	19.9	748.1
"	O	" F.u.v.	81.503	19.40	18.91	19.30	20.5	748.1
"	O	" F.o.v.	81.740	19.59	19.08	19.49	18.9	748.0

HALBSEKUNDENPENDEL. (Mizusawa).

[illegible]

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Mizusawa).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro- abl.		Temp.		Micro- abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-13	S	I F.o.v.	19.73	19.77	-121.3	m 1.0001973	19.76	19.83	-115.6
"	O	" F.o.h.	19.89	19.93	-117.0		19.89	19.87	-119.9
"	O	" F.u.h.	19.95	19.96	-117.9		19.89	19.94	-116.9
"	S	" F.u.v.	19.99	19.97	-113.2		19.90	19.92	-117.6
VII-15	O	" F.o.v.	19.00	19.05	-119.4		19.29	19.35	-115.7
"	S	" F.o.h.	19.46	19.49	-111.2		19.46	19.43	-118.7
"	O	" F.u.h.	19.69	19.75	-118.6		19.56	19.62	-117.2
"	S	" F.u.v.	19.74	19.78	-116.4		19.56	19.62	-119.1
			19.68	19.71	-116.9		19.66	19.70	-117.6
Länge der Scala			1.0003270				1.0003268		
Micro-Ablesung			-1169				-1176		
Red. auf 19°			-126				-122		
Λ bei 15°			1.0001975				1.0001970		
Mittel.									
VII-15	S	I' F.o.v.	19.13	19.16	-119.1	m 1.0002004	19.38	19.44	-118.6
"	O	" F.o.h.	19.54	19.61	-109.0		19.56	19.59	-110.3
"	S	" F.u.h.	19.65	19.73	-114.9		19.63	19.69	-125.0
"	O	" F.u.v.	19.67	19.70	-113.9		19.60	19.62	-114.4
VII-17	O	" F.o.v.	18.27	18.32	-115.0		18.46	18.52	-113.1
"	O	" F.o.h.	18.62	18.70	-111.3		18.59	18.66	-115.4
"	S	" F.u.h.	18.81	18.82	-113.2		18.74	18.78	-117.0
"	S	" F.u.v.	18.95	18.98	-117.0		18.83	18.89	-118.8
			19.08	19.13	-114.2		19.10	19.15	-116.6
			1.0003173				1.0003176		
			-1142				-1166		
			-15				-18		
			1.0002016				1.0001992		

LÄNGENMESSUNG SEKUNDENPENDEL. (Mizusawa).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-17	S	II' F.o.v.	18.63	18.67	-100.9		18.69	18.71	-106.7
"	S	" F.o.h.	19.02	19.04	-117.8		18.92	18.93	-123.9
"	O	" F.u.h.	19.09	19.14	-114.6		18.92	18.95	-114.3
"	O	" F.u.v.	19.05	19.10	-118.4		18.93	18.97	-118.7
VII-19	O	" F.o.v.	17.61	17.62	-123.8		17.53	17.56	-123.3
"	S	" F.o.h.	17.53	17.57	-117.4		17.51	17.54	-124.9
"	S	" F.u.h.	17.44	17.52	-128.6		17.43	17.49	-123.0
"	O	" F.u.v.	17.60	17.64	-120.9		17.55	17.61	-123.9
			18.25	18.29	-117.8		18.19	18.22	-119.8
Länge der Scala			1.0003032				1.0003020		
Micro-Ablesung			-1178				-1193		
Red. auf 17°			- 231				- 220		
Λ bei 17°			1.0001623				1.0001602		
Mittel.						^m 1.0001613			
VII-19	S	II F.o.v.	17.60	17.62	-118.9		17.59	17.62	-121.4
"	S	" F.o.h.	17.74	17.75	-115.6		17.72	17.73	-115.8
"	O	" F.u.h.	17.83	17.86	-116.0		17.75	17.81	-117.1
"	O	" F.u.v.	17.79	17.83	-125.1		17.77	17.81	-121.4
VII-20	O	" F.o.v.	17.15	17.16	-126.9		17.39	17.44	-123.1
"	O	" F.o.h.	17.57	17.73	-131.6		17.62	17.69	-122.1
"	S	" F.u.h.	17.85	17.90	-119.2		17.80	17.83	-117.1
"	S	" F.u.v.	18.00	18.06	-124.4		17.89	17.95	-122.3
			17.69	17.74	-122.2		17.69	17.74	-120.5
			1.0002940				1.0002940		
			- 1222				- 1205		
			- 128				- 128		
			1.0001590				1.0001607		
						1.0001599			

m
1.0001613

1.0001599

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Mizusawa).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro- abl.		Temp.		Micro- abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-20	O	I F.o.v.	18.30	18.32	—92.0	m 0.2499398	18.47	18.47	—93.5
"	O	" F.o.h.	18.44	18.45	—90.1		18.53	18.54	—91.5
"	S	" F.u.h.	18.35	18.36	—90.4		18.48	18.53	—87.7
"	S	" F.u.v.	18.31	18.33	—86.7		18.50	18.54	—90.6
VII-22	S	" F.o.v.	18.16	18.13	—90.0		18.36	18.32	—89.3
"	S	" F.o.h.	18.36	18.34	—89.4		18.52	18.52	—86.5
"	O	" F.u.h.	18.50	18.53	—92.6		18.63	18.67	—89.1
"	O	" F.u.v.	18.50	18.50	—92.6		18.69	18.68	—91.2
			18.37	18.37	—90.5		18.52	18.53	—89.9
Länge der Scala			0.2500817				0.2500824		
Micro-Ablesung			—905				—899		
Red. auf 18°			— 17				— 24		
Λ bei 18°			0.2499895				0.2499901		
Mittel.									
VII-22	S	I' F.o.v.	18.57	18.54	—89.5	m 0.2499894	18.86	18.82	—88.0
"	S	" F.o.h.	18.91	18.90	—86.3		19.11	19.11	—84.7
"	O	" F.u.h.	19.06	19.08	—88.0		19.31	19.32	—89.9
"	O	" F.u.v.	19.11	19.11	—83.9		19.35	19.32	—90.1
VII-23	O	" F.o.v.	19.16	19.13	—92.0		19.58	19.52	—90.8
"	O	" F.o.h.	19.72	19.68	—92.9		19.96	19.93	—91.6
"	S	" F.u.h.	19.74	19.72	—90.9		19.98	19.92	—89.4
"	S	" F.u.v.	19.91	19.90	—94.7		20.16	20.11	—93.4
			19.27	19.26	—90.4		19.54	19.51	—89.7
			0.2500854				0.2500865		
			—904				—897		
			— 59				— 71		
			0.2499891				0.2499897		

LÄNGENMESSUNG HALBSEKUNDENPENDEL. (Mizusawa).

Datum.	Beob.	Lage.	Beleuchtung dunkel.				Beleuchtung hell.		
			Temp.		Micro-abl.		Temp.		Micro-abl.
			Pendel.	Scala.			Pendel.	Scala.	
VII-23	O	II' F.o.v.	19.60	19.59	—90.8		19.92	19.88	—91.4
"	O	" F.o.h.	19.91	19.91	—89.7		20.14	20.13	—90.2
"	S	" F.u.h.	19.95	19.94	—87.5		20.21	20.18	—87.1
"	S	" F.u.v.	19.90	19.90	—90.6		20.11	20.11	—89.0
VII-25	S	" F.o.v.	19.55	19.52	—93.9		19.68	19.65	—93.9
"	S	" F.o.h.	19.66	19.71	—90.6		19.85	19.92	—89.7
"	O	" F.u.h.	19.87	19.91	—86.7		20.06	20.07	—88.8
"	O	" F.u.v.	19.91	19.92	—88.7		20.09	20.10	—89.3
			19.79	19.80	—89.8		20.01	20.01	—89.9
		Länge der Scala	0.2500877				0.2500886		
		Micro-Ablesung	—898				—899		
		Red. auf 19°	— 37				— 47		
		Λ bei 19°	0.2499942			^m	0.2499940		
		Mittel.				0.2499941			
VII-25	S	II F.o.v.	19.67	19.62	—85.9		19.96	19.93	—85.0
"	S	" F.o.h.	19.77	19.74	—93.4		19.99	19.97	—92.3
"	O	" F.u.h.	20.03	20.03	—89.5		20.20	20.19	—91.5
"	O	" F.u.v.	20.09	20.11	—90.7		20.29	20.30	—91.8
VII-26	O	" F.o.v.	20.45	20.40	—88.3		20.74	20.71	—89.7
"	O	" F.o.h.	20.57	20.61	—88.7		20.81	20.84	—90.1
"	S	" F.u.h.	20.72	20.71	—85.2		20.96	20.93	—88.2
"	S	" F.u.v.	20.89	20.91	—89.7		21.09	21.11	—87.4
			20.27	20.27	—88.9		20.51	20.50	—89.5
			0.2500897				0.2500906		
			—889				—895		
			— 59				— 70		
			0.2499949				0.2499941		
						0.2499945			

Schneiden Combina- tion.	Temp. red. auf	τ_s	Λ	Mittel.		L'	Corrn. für elast. Biegung.
				τ_s τ_m	Λ		
I	19.00	^s 1.0061536	^m 1.0001973	^s 1.0061416	^m 1.0001793	^m 0.9934236	^m -0.0003290
II'	17.00	295	1613	1.0033945			
I'	19.00	10.061299	1.0002004	1.0061225	1.0001802	0.9934620	-0.0003290
II	17.00	150	1599	1.0033755			
I	18.00	0.5031222	0.2499898	0.5031238	0.2499920	0.9930043	-0.0000020
II'	19.00	254	941	0.5017501			
I'	18.00	0.5030679	0.2499894	0.5030716	0.2499920	0.9932105	-0.0000020
II	19.00	752	945	0.5016980			

Gleichungen für die Länge des einfachen Sekundenpendels.

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 993.0950 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} + \frac{\Delta\gamma}{406.5} \right) \\ L = 993.1334 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{1000} - \frac{\Delta\gamma}{406.5} \right) \\ L = 993.0038 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} + \frac{\Delta\gamma}{70} \right) \\ L = 993.2100 \left(1 + \frac{\beta + \delta}{250} - \frac{\Delta\gamma}{70} \right) \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} \Delta\gamma = 0.00786 \\ \Delta\gamma = 0.00727 \end{array} \right\} 0.00756$$

$$\beta + \delta = 0.00245$$

$$\begin{array}{rcl} L = 993.0950 + 0.0024 + 0.0185 = 993.1159 & + 0.7^\mu \\ L = 993.1334 + 0.0024 - 0.0185 = 993.1173 & - 0.7 \\ L = 993.0038 + 0.0097 + 0.1073 = 993.1208 & - 4.2 \\ L = 993.2100 + 0.0097 - 0.1073 = 993.1124 & + 4.2 \\ \hline & 993.1166 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} L & = 993.117 \text{ mm.} \\ g & = 980.167 \text{ cm/sec}^2 \\ g_o' & = 980.179 \text{ „ } \text{ corrigirt für die Höhe und Anziehung des Terrains} \\ g_o & = 980.179 \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ Condensation.} \\ \gamma_o & = 980.105 \text{ „ } \end{array}$$

Corrn. für Mitsch- wingung.	L_0
$\overset{m}{+0.0000004}$	$\overset{m}{0.9930950}$
$+0.0000004$	0.9931334
$+0.0000015$	0.9930038
$+0.0000015$	0.9932100

Schlussbemerkung.

Der Uebersicht halber stellen wir die Resultate der vier Bestimmungen zusammen, mit den nach der Helmert'schen Formel

$$\gamma_0 = 978,046 \{1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi\}$$

berechneten Werte.

	$g\left(\frac{cm}{sec^2}\right)$	g'_0	Mit Condensations- correction (g_0)	γ_0	$\gamma_0 - g_0$
Kyōto	979,725	979,737	979,737	979,748	+11
Kanazawa	979,884	979,890	979,875	979,878	+ 3
Tōkyō	979,810	979,813	979,791	979,806	+15
Mizusawa	980,167	980,179	980,179	980,105	-74

Hieraus erhellt dass die Schwerebeschleunigung, mit Ausnahme von Mizusawa, sehr nahe dem normalen Wert steht. Die Uebereinstimmung ist am vollkommensten in Kanazawa; Kyōto liegt am weitesten vom Stillen Ocean oder vom Japanischen Meere, und kann daher als auf dem Festland gelegen betrachtet werden. Mizusawa ist, gleichwie Kyōto, ziemlich tief innen gelegen, aber die Ursache der Abweichung scheint hauptsächlich im geotectonischen Character der Gegend zu liegen. Die Untersuchung der störenden Schicht wird am bequemsten durch die relativen Messungen der Schwerkraft jener Gegend zu führen sein.

Inzwischen haben wir vier Halbsekundenpendel, die von Stückrath angefertigt sind, für den Zweck der Anschlussmessung, erhalten. Die Anschlussmessung des g mit Potsdam ergab für Tōkyō den Wert

$$g = 979,814 \frac{cm}{sec^2}$$

an demselben Ort, wo wir die reversiblen Pendel geschwungen haben, wenn

$$g \text{ (Potsdam)} = 981,290 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$$

angenommen wird.

Weitere Anschlüsse von Kyōto und Mizusawa mit Tōkyō gaben folgende Resultate

$$g \text{ (Kyōto)} = 979,734 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$$

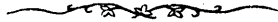
$$g \text{ (Mizusawa)} = 980,186 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$$

Diese relativen Messungen stimmen ziemlich gut mit den absoluten überein. Könnten wir die Biegungsconstante für das Sekundenpendel noch genauer ermitteln, so würde der absoluten Messung viel mehr Gewicht beizulegen sein; aber der Unterschied zwischen den absoluten und relativen Messungen ist ziemlich klein, sodass der Fehler innerhalb der Unsicherheit in der Biegungscorrection liegt. Wenn es möglich wäre, auf irgend eine einfache Weise, die Biegungscorrection genau zu bestimmen, so würde es nicht viel Mühe kosten, unsere Resultate nochmals zu revidiren.

Obgleich wir über die letzte Stelle der Schwerebeschleunigung nicht sicher sind, so unterliegt es doch noch keinem Zweifel dass die früher ermittelten Werte der Schwerkraft in Tōkyō etwas mit Fehlern behaftet waren. Wie wir aus den noch nicht veröffentlichten Resultaten der an zehn Stationen in die mittleren Breite 35° N. vorgenommen Messungen vorhersagen können, besitzt die Schwerkraft in Japan, wie in den oben genannten drei Stationen, keinen eigenthümlichen Character wie in anderen Ländern. Mit dem Fortschreiten der relativen Messungen wird es möglich sein klares Licht in dieses Untersuchungsgebiet zu werfen.

Zum Schluss sei es uns gestattet den Herren Rector Kinoshita, Prof. Muraoka und Prof. Mizuno, der Universität zu Kyōtō

Herren Rector Hōjō und Prof. Noda des Daishi-kōtō-gakko ; Herrn Director Kimura der internationalen Breitenstation zu Mizusawa, für die freundliche Unterstützung womit diese Herren unsere Messungen erleichtert haben, unseren aufrichtigsten Dank auszusprechen.



Vergrößerung 10 fach.

4 K

5

6

7

8

9

10

11

12

Anfang 6^h 50^m 58^s a. m.

W

O

20 (Ende d. Koincidenzbeob.)

13

14

15

16

17

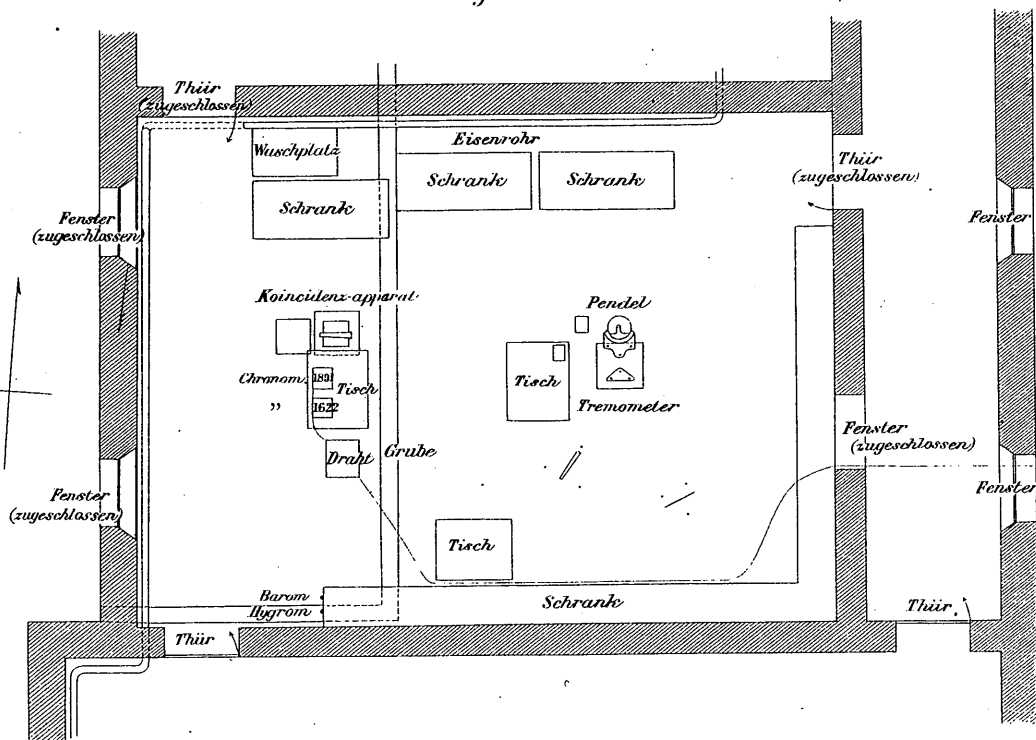
18

19

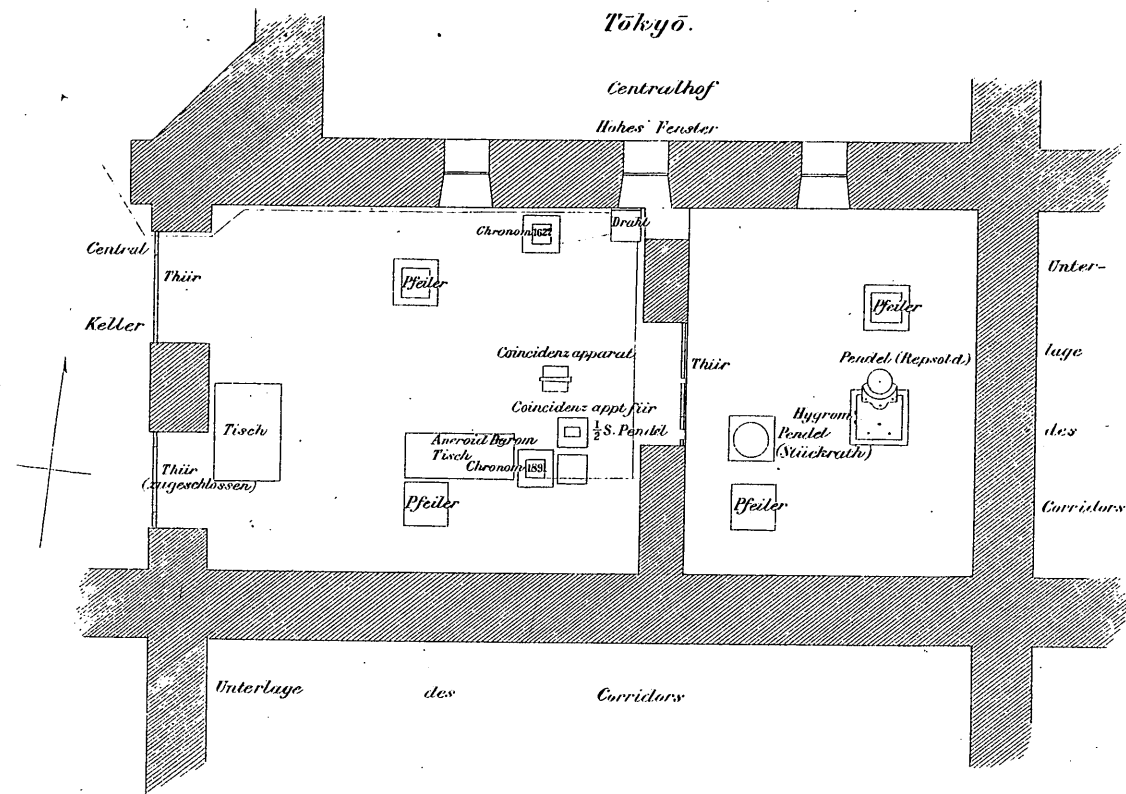
W

O

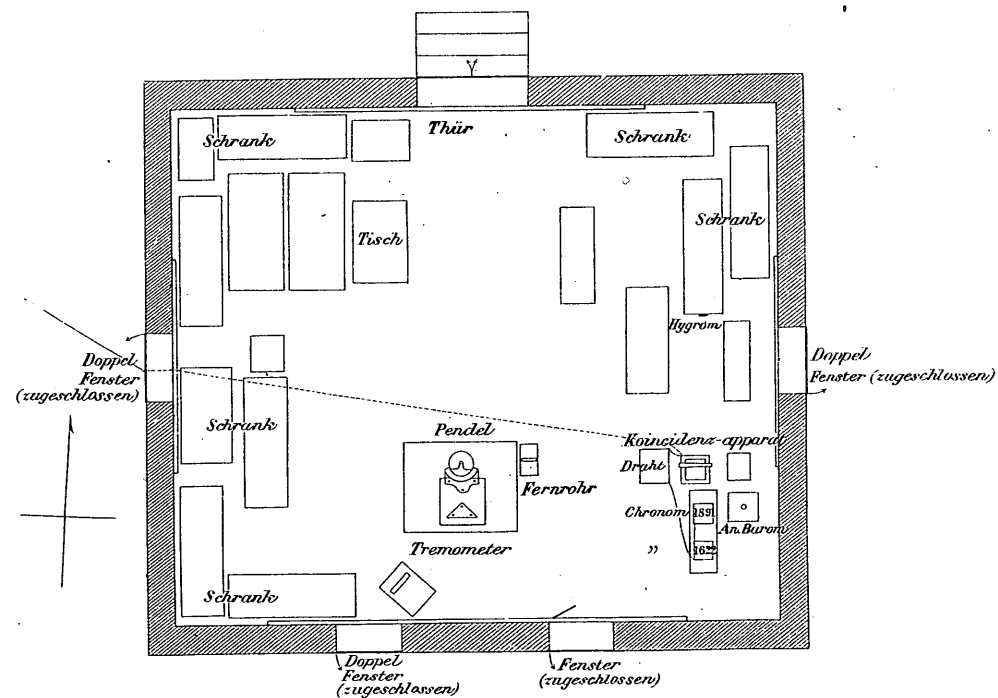
Kyōto.



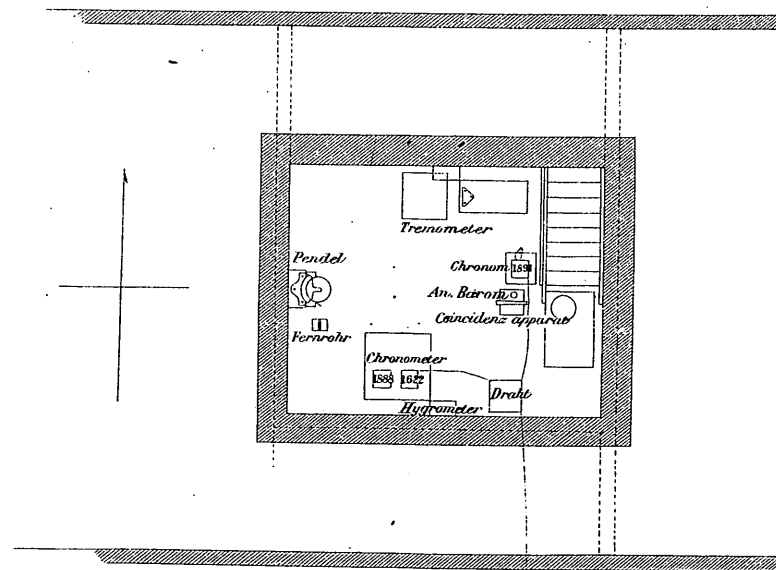
Tokyo.



Kanazawa.



Mizusawa.



0 1 2 3 4 m.