

Bestimmung  
der  
Länge des einfachen Sekundenpendels  
auf absolutem Wege,

ausgeführt in Melbourne vom Juli bis Oktober 1863

von

**Dr. Georg Neumayer**

früher Direktor des Flagstaff-Observatory, Melbourne, jetzt Direktor der Deutschen Seewarte in Hamburg.

(Mit 5 Tafeln und einigen Textfiguren.)

Bestimmung

Länge des einfachen Sekundenpendels

auf absolutem Hogo

angeführt in Melbourne vom Jahr bis Oktober 1883

Dr. Georg Neumayer

(Mit 2 Tafeln und einem Textbogen)



## Vorwort.

Die Geschichte der Pendelbeobachtungen, deren Ergebniss hier im Einzelnen niedergelegt ist, bietet in vieler Hinsicht ein Interesse, da diese absolute Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels auf dem australischen Kontinente mit jener, die von Dr. Charles Rümker in dem Jahre 1827 ausgeführt wurde, zu den wenigen mit einwandfreien Instrumenten und nach absoluten Methoden auf der südlichen Hemisphäre ausgeführten gehört. Rümker's Bestimmungen wurden in Paramatta ( $\varphi = 33^{\circ} 48' 45.3$  S.) gemacht und finden sich sowohl in den Philosophical Transaction of the Royal Society von 1829, wie auch in den Memoirs of the Astronomical Society<sup>1)</sup> beschrieben. Allein auch die Eigenartigkeit der Konstruktion des bei den vorliegenden Beobachtungen benützten Pendels verleiht der Veröffentlichung derselben einigen Werth, wie ich glaube zeigen zu können.

Pendelbeobachtungen erfuhren nach der Epoche hervorragender Arbeiten auf diesem Gebiete, wie jene von Kater, Bessel, Sabine u. A. eine gewisse Unterschätzung in ihrem Werthe und wurden aus diesem Grunde vergleichsweise wenig zu Schwerebestimmungen benutzt. Die Erfahrungen, welche man aus den Ergebnissen der grossen Indischen Gradmessung (von Punna bis zum Himalaja) gemacht hatte, lenkten auf's Neue die Aufmerksamkeit der Geodäten auf die Wichtigkeit von genauen Schwerkraftsbestimmungen im Anschlusse an grössere geodätische Operationen. Allein es ist nur gerecht hervorzuheben, dass schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts Prof. Peters der Aeltere auf die Nothwendigkeit von genauen Schwerkraftsbestimmungen hingewiesen hatte und dadurch auch bei mir die erste Anregung zu den von mir ausgeführten Untersuchungen gab.

Als ich im Jahre 1856 Europa verliess, um in Australien eine Reihe geophysikalischer Beobachtungen auszuführen, vereinbarte ich mit meinem verstorbenen Freunde Alles erforderliche zur Feststellung der Konstruktion des von mir bei eventuellen Schwerkraftsbestimmungen zu benützenden Pendels. Wir kamen dahin überein, dass die von Bessel in seiner berühmten Abhandlung „Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels“ Berlin 1828<sup>2)</sup> angegebene Konstruktion des Reversions-Pendels für die australischen

<sup>1)</sup> Philosophical Transaction of the Royal Society for the year 1829, Part III p. 151 ff. Memoirs of the Astronomical Society of London, Vol. III. 1829, chapt. XVIII.

<sup>2)</sup> § 31, S. 96.



Beobachtungen zur Ausführung kommen solle. Die vollständig symmetrische Konstruktion der äusseren Figur nach war nach Bessel's Meinung eine Grundbedingung zur Vermeidung aller sich aus derartigen Beobachtungen ergebenden Schwierigkeiten; namentlich werde durch eine solche Anordnung der Theile des Pendels die Einwirkung der Luft aus der Rechnung entfernt. Bessel schreibt an der angeführten Stelle wörtlich: „Es muss das Pendel der äusseren Figur nach symmetrisch konstruirt werden, also, da es der Masse nach nicht symmetrisch sein darf, zwei gleich grosse und gegen die Schneiden gleichgestellte Linsen an einer Stange besitzen, deren eine mit Metall gefüllt, die andere hohl ist.“ Wie bekannt ist dieser Gedanke Bessel's erst in der Mitte der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts zur allgemeinen Annahme gelangt, also ungefähr 5 Jahre nach der von Peters und mir getroffenen Vereinbarung und darauf erfolgten Ausführung des Pendels.

Nach reiflicher Erwägung und umfassender Korrespondenz mit meinem Freunde C. A. F. Peters in Altona (Peters der Aeltere) wurde der damals in Hamburg rühmlichst bekannte Mechaniker Julius Lohmeier mit der Herstellung eines Reversions-Pendels nach den soeben dargelegten Grundsätzen betraut. In welcher Weise sich Lohmeier der ihm gestellten Aufgabe entledigte, geht zur Genüge aus der vorliegenden Abhandlung hervor. Es sei nur noch erwähnt, dass das Reversions-Pendel selbst und Maassstab mit grosser Sorgfalt und in tadelloser Weise ausgeführt worden ist.<sup>1)</sup>

Aus eingehenderen Besprechungen mit Peters, was auch durch unsere Korrespondenz des Näheren begründet wurde, musste darauf Bedacht genommen werden, dass die Vergleichung der Pendellänge mit dem Maassstabe in der gleichen Lage, in welcher sich das Pendel beim Schwingen befindet, ausgeführt werden könne: In dieser Bedingung bestand, wenn sie erfüllt wurde, eine weitere Neuerung mit Beziehung auf Apparate der in Rede stehenden Art. Der hierzu erforderliche Vertikal-Komparator wurde denn auch später, nach meiner Angabe, von dem damals in Melbourne lebenden deutschen Mechaniker Heinrich Schreiber (geboren in Frankfurt a. Main) zur vollen Zufriedenheit angefertigt. Die Einzelheiten der Konstruktion dieses Theiles des Apparates sind in der Abhandlung beschrieben, und darf nur noch hervorgehoben werden, dass ein Vorbild dafür nicht vorlag, da der Vertikal-Komparator, welchen Jos. J. v. Littrow<sup>2)</sup> bei seinen Pendelbeobachtungen benutzte, bekanntlich mit einer Fühlhebelvorrichtung und nicht mit mikroskopischen Einrichtungen, wie der meinige, versehen war.

Ein weiteres Interesse knüpft sich an diese vorliegenden Beobachtungsreihen dadurch, dass die Mittel zur Anfertigung dieses immerhin kostspieligen Apparates nicht seitens des Observatoriums der Kolonie zur Verfügung standen, sondern durch freiwillige Beiträge deutscher Kolonisten mir für diesen Zweck zur Verfügung gestellt worden sind. Bekanntlich hatten die Deutschen der Kolonie zur Ausstattung des physikalischen Observatoriums in Melbourne eine erhebliche Summe zusammengebracht, welche, nachdem die Regierung das Institut ganz übernommen hatte, nicht ganz erforderlich war. Der noch restirende Betrag wurde mir zu den hier dargelegten Pendelversuchen zur Verfügung gestellt; die

<sup>1)</sup> Der Apparat ging später in den Besitz der Königl. Sternwarte in Kiel über und wurde von Peters zu weiteren Bestimmungen der Pendellänge benutzt.

<sup>2)</sup> Joseph Johann von Littrow, Beobachtungen an zwei unveränderlichen Reversionspendeln. Wien 1837. Baumgärtner's Archiv S. 97—116.



Räume für diese Untersuchungen waren übrigens die von der Regierung für das Observatorium gemietheten Bureau Räume in South-Yarra.

Der Umstand, dass dieser Pendelapparat in der Folge von der Königl. Preussischen Regierung für die Sternwarte in Kiel erworben und von Peters, dem Jüngeren, zu vergleichenden Beobachtungen an verschiedenen Orten Deutschlands benützt werden konnte, verleiht diesem Apparat einen ganz besonderen Werth.

Nicht zum Mindesten knüpft sich ein lebhaftes Interesse an die Geschichte der Vergleichung des bei den Untersuchungen benutzten Lohmeier'schen Maassstabes, da dieselbe für die Beleuchtung der Frage der Schwerkraftbestimmungen mittelst Pendels aus früherer Zeit von allgemeinem Interesse sein dürfte. Es darf wohl nicht erst erwähnt werden, dass von mir Maassstabvergleichen vergangener Zeit bei der Diskussion der vorliegenden Beobachtungen in Betracht gezogen worden sind.<sup>1)</sup> Dessenungeachtet blieb die genaue Bestimmung des Verhältnisses des benützten Maassstabes zum Normal-Meter bis in die letzte Zeit unsicher, sodass mit der Veröffentlichung der Beobachtungen und deren Ergebniss zurückgehalten werden musste. Alle Bemühungen zu einem abschliessenden Ergebniss zu gelangen waren bis vor etwa einem Jahre ziemlich erfolglos, wie sich zur Genüge aus der hier folgenden Abhandlung ergeben wird.

Nachdem im Jahre 1865 und 1866 die Originalbeobachtungen von mir dem Herrn Prof. Peters, dem Aelteren (C. A. F. Peters) zur Einsichtnahme vorgelegt und derselbe seine Ansicht dahin ausgesprochen hatte, dass die sämmtlichen Beobachtungen sehr werthvoll und zuverlässig seien, wurde unverzüglich zur Berechnung geschritten. Diese umfangreiche Arbeit wurde im Einvernehmen mit Herrn Prof. Peters und mir selbst dem verstorbenen Astronomen Prof. K. Oppenheim<sup>2)</sup> in Berlin anvertraut. Gegen das Ende des Jahres 1867 waren die sämmtlichen Reduktionen ausgeführt, sodass ich zu Beginn des Jahres 1868 das Endergebniss vorliegen hatte. Dieses aber war derart, dass ich mit einiger Sicherheit annehmen konnte, es müsse eine Unsicherheit in Beziehung auf den bei den Messungen benützten Maassstab bestehen. Aus dieser Ueberzeugung erklärt sich die in der Abhandlung genugsam erörterte Thatsache mehrfacher Vergleichen des Maassstabes. Bei den Bemühungen zur Aufklärung der bestehenden Unterschiede war mir die freundliche Unterstützung des leider zu früh verstorbenen Dr. C. F. W. Peters, später Direktor der Sternwarte in Königsberg, von ganz besonderem Werthe. Ihm sowohl wie seinem verstorbenen Vater C. A. F. Peters, besonders aber Herrn Geheimrath Dr. Helmert bin ich für die mir bei der Aufklärung der Unterschiede in den Maassvergleichen zum grössten Danke verpflichtet, was ich an dieser Stelle zum Ausdrucke gebracht haben möchte.

In den letzten Jahren wurden auf dem australischen Kontinente, in Melbourne und in Sydney, relative Bestimmungen der Gravitations-Konstanten ausgeführt, wodurch die von mir in dem erstgenannten Orte vor 37 und an letzterem vor 64 Jahren durch Rümker ausgeführten Bestimmungen einen erhöhten Werth erhalten, und zögere ich denn auch nicht

<sup>1)</sup> Beobachtungen mit dem Bessel'schen Pendel-Apparate in Königsberg und Gölldenstein von C. F. W. Peters, Hamburg 1874, S. 10 ff. und Zur Geschichte der Kritik der Toisen-Maassstäbe von demselben, Berlin 1885, ferner Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels auf Schloss Gölldenstein, Altona 1855 von C. A. F. Peters, S. 24 ff.

<sup>2)</sup> Derselbe starb am 15. September 1896.

<sup>3)</sup> Proceedings of the Royal Society of Victoria, Vol. VI (New Series), January 1894.



länger die Ergebnisse meiner Untersuchungen mit dem Wunsche zu veröffentlichen, dass dadurch das noch immer sehr ungenügend bearbeitete Problem der Schwerkraftsbestimmungen auf der südlichen Hemisphäre gefördert werden möge.

Was die Anordnung der Abhandlung anbelangt, so habe ich mich bemüht an der Hand von Zeichnungen und Abbildungen eine klare Beschreibung des ganzen Apparates und dessen Aufstellung zu geben. Ueber Einzelheiten der Konstruktion, Berechnung der Massen und deren Lage zum Schwerpunkte und Mittelpunkt des Pendels war ich bemüht Alles erforderliche mitzutheilen, sodass eine Prüfung des Grades der Genauigkeit der Ergebnisse ermöglicht wird. In einem Anhang habe ich die Koinzidenzbeobachtungen in extenso anzufügen mich für verpflichtet erachtet, sowie ich auch in demselben die Ergebnisse der Uhrvergleichen angeführt habe. Gerne hätte ich auch an dieser Stelle die einzelnen Amplituden, bei welchen die Koinzidenzen beobachtet worden sind, die alle genauestens reduziert vorliegen, mitgetheilt, musste aber, um die Abhandlung nicht allzu umfangreich zu machen, davon Abstand nehmen. Vielleicht wird später noch einmal Veranlassung genommen werden, die in Rede stehenden Beobachtungen zur Bestimmung der jedenfalls nur sehr kleinen Korrektur, die wegen des Gleitens der Messerschneiden auf dem Achatplättchen noch an dem Endergebnisse anzubringen sein dürfte, zu bestimmen.

Die Mittheilung der Originalvergleichen des Maassstabes erscheint mir durch die eigenthümlichen Verhältnisse, unter denen dieselben zu geschehen hatten, modifirt und schien um so eher geboten, als die sämmtlichen deshalb befragten Fachgenossen dieselben dringend anriethen.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Es wurden zu verschiedenen Zeiten von mir vorläufige Mittheilungen über das Ergebniss meiner Beobachtungen veröffentlicht, so u. A. in den Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie; Zur Geschichte der Pendelbeobachtungen, Jahrgang 1897 (XXV) und wieder Nachtrag zur Geschichte der Pendelbeobachtungen, September-Heft 1900.



### I. Allgemeine Beschreibung eines Apparates zur Bestimmung der Länge des Sekundenpendels in Melbourne.

Schon im März 1859 hatte ich mich zur Anstellung einer Reihe von Beobachtungen zur Bestimmung der Länge des Sekundenpendels oder mit anderen Worten der Gravitations-Konstanten in Melbourne entschlossen. Bald darauf wurde ein Apparat zu diesem Zwecke von mir in Europa bestellt.

Mein hochverehrter Freund, Professor Dr. C. A. F. Peters, damals Direktor der Sternwarte in Altona, welcher sich schon unter Schumacher mit Pendelbeobachtungen befasst hatte, übernahm gütigst die Ueberwachung der Konstruktion eines Reversions-Pendels, mit deren Ausführung W. J. Lohmeier in Hamburg betraut worden war. Aus hier nicht näher zu erörternden Gründen schritt die Arbeit nur langsam voran, und erst im Juni 1862 kam der Apparat in Melbourne in der Kolonie Victoria an. Diese Verzögerung ist jedoch von geringerem Belang, da die Gebäude des Flagstaff-Observatoriums im Norden von Melbourne zu Messungen von so feiner Natur ungeeignet waren und mir keine anderen Gebäude zur Verfügung standen. Ich entschloss mich daher zur Vertagung der Pendelbeobachtungen, bis das magnetische Observatorium nach seinen neuen Räumlichkeiten verlegt und das neue astronomische Observatorium vollendet sein würde. Die Wahl der Stelle für ein Observatorium zu physikalischen Zwecken war eine Aufgabe von beträchtlicher Schwierigkeit gewesen, da eine besondere Aufmerksamkeit darauf hatte verwendet werden müssen, dass keine örtlichen Unregelmässigkeiten in der geologischen Struktur den Werth der Beobachtungen beeinträchtigten. Sehr zu statten kamen mir in dieser Beziehung die ausgedehnten Arbeiten, die ich im Winter 1860 rund um Melbourne herum ausgeführt hatte; die letzteren waren wesentlich zur Bestimmung ausgeführt worden, die magnetischen Elemente in der Umgegend des Beobachtungsortes festzustellen. Aus den betreffenden Arbeiten hatte sich auf das Bestimmteste ergeben, dass ein Institut für geophysikalische Untersuchungen nicht im Westen von dem Meridian der Universität von Melbourne zu errichten sei, und dass die Stelle, wo das neue Observatorium jetzt steht, eine für alle Zwecke geeignet gelegene war.

Die nach der Verlegung des astronomischen Observatoriums für die Bureaus der magnetischen Landesaufnahme zur Verfügung gestellten Gebäude in der Domain Road boten eine ausgezeichnete Gelegenheit dar zur Ausführung des lang gehegten Planes. Der zu den Gebäuden gehörende Keller von hinreichender Grösse und guter Tagesbeleuchtung war sehr geeignet zur Errichtung eines Apparates für Pendelbeobachtungen, dessen Beschreibung nun hier folgen soll.

Ehe jedoch darauf des Näheren eingegangen werden wird, scheint es wünschenswerth etwas näher auf die Einzelheiten der Lage des Beobachtungsortes einzugehen. In dem, auf



Tafel 5, hier beigefügten Lageplan von Melbourne erkennt man, dass die Beobachtungsstätte an der Domain Road auf dem linken Ufer des Yarra-Yarra-Flusses liegt. Ziemlich entfernt von den älteren vulkanischen Ablagerungen auf silurischen Schichten in der Nähe des Hügels, auf welchem der botanische Garten und das neue Regierungs-Observatorium sich befindet. Das Gebäude, in welchem die Beobachtungen ausgeführt wurden, war damals allgemein bekannt unter der Bezeichnung Montpellier-Parade, wie auf dem Plane angegeben.

#### Lage des Pendel-Beobachtungszimmers.

Die Entfernung der Räumlichkeiten in Montpellier-Parade von dem Meridian des Durchgangszimmers des neuen Observatoriums beträgt 1340 engl. Fuss (308,42 m) in der Richtung nach Süd  $36^{\circ} 30'$  Ost; hieraus und aus der Lage des Meridians des Durchgangszimmers ergibt sich die Lage des Beobachtungsraumes zu

$37^{\circ} 50' 4''$  Süd-Breite und  
 $9^h 39^m 55,4^s$  Ost-Länge v. Greenwich.

Aus einer grösseren Reihe korrespondirender Barometerablesungen im Meridian-Durchgangszimmer und dem Keller des Hauses in Montpellier-Parade ergab sich, dass das Gefäss des Normalbarometers in dem ersteren 34,5 engl. Fuss (10,56 m) höher als der untere Arm des Normalheberbarometers im letzteren liegt — und da die Höhe des Barometers im neuen Observatoriums über mittlerem Meeresniveau 91,3 engl. Fuss (27,84 m) ist, so beträgt die Meereshöhe des Heberbarometers 56,8 engl. Fuss (17,31 m). Der Fussboden des Zimmers liegt ungefähr 6 engl. Fuss (1,83 m) unter dem Niveau der Domain Road, an der das Gebäude gelegen ist. Obwohl von zwei beinahe gleich grossen Zimmern — 18 engl. Fuss (5,49 m) bei 12 engl. Fuss (3,66 m) — das südlichste weiter von der Strasse ab und damit den Störungen durch vorbeifahrendes Fuhrwerk wahrscheinlich weniger ausgesetzt gewesen wäre, zog ich doch das nach Norden gelegene vor, weil in diesem mir die Einrichtung des Apparates weniger Schwierigkeit machte als in dem andern, worin eine Treppe einerseits viel Platz fortnimmt und andererseits ein Schutz gegen plötzliche Aenderungen in der Lufttemperatur weniger wirksam machte. Eine Reihe von Beobachtungen zum Zwecke der Bestimmung des Grades, bis zu welchem Erschütterungen von Fuhrwerken sich der Beobachtungsstelle mittheilten, überzeugten mich, dass ich wenig von solchen störenden Einflüssen zu befürchten haben würde, und zwar um so weniger, als es in meiner Macht stand, die Beobachtungen zu solchen Tagesstunden vorzunehmen, wo kaum irgend welche Fuhrwerke vorüberkamen, und als der Gang der Pendeluhr beständig nach den chronographischen Registrirungen im neuen Observatorium kontrolliert werden konnte.

#### II. Herrichtung des Zimmers zur Aufnahme des Apparates.

Die geringe Höhe des Zimmers erforderte es, auf Mittel zu denken, um dasselbe für die Zwecke der Aufnahme des Apparates brauchbar zu machen. Da seine Gesamthöhe von 7 Fuss 7 Zoll engl. (27,42 m) die Länge des Pendels von 7 Fuss 2,2 Zoll engl. (26,16 m) nur um 4,8 Zoll (0,024 m) übertraf, so hatte ich eine Aushebung von Erde zu machen, die dem am Koincidenzteleskope sitzenden Beobachter es ermöglichte, das Auge in gleichem



Niveau mit dem untern Ende des Pendels zu bringen und die zugleich gross genug war, die Koincidenz-Pendeluhr aufzunehmen. Die Erdaushebung wurde daher 11' 10" lang (3,30 m), 3' 5" (0,91 m) breit und 2' 4,5" (0,76 m) tief gemacht, längs der Südwand des Zimmers, und da sie dann gerade vor der Thür zu liegen kam, musste eine Klapptür, die das Zimmer leicht zugänglich machte, angebracht werden. Die Seitenwände dieser Höhlung wurden mit Holz verschalt, ein Fussboden gelegt und dieser mit Wachstuch und Teppichen bedeckt, um die Nässe möglichst abzuhalten. Das einzige Fenster liegt am Westende des Zimmers, ausser welchem noch zwei kleine Oeffnungen nach Norden gehen, die wesentlich zur Lüftung des Zimmers dienen. Gerade vor der Thür befindet sich ein Pfeiler zur Aufnahme des zur Beobachtung der Koincidenzen bestimmten Teleskopes. Dies ist ein kleines, aber sehr vorzügliches Glas von Merz & Söhne, München von 18 facher Vergrösserung, welches auf einem kleinen Stativ derart befestigt ist, dass es ausser einer horizontalen und vertikalen Bewegung sich auch noch rechtwinklig zur Achse des ganzen Apparates verschieben lässt. Diese Achse geht, wie dies durch die parallel mit ihr laufende Seitenwand durch das Teleskop gegeben wird, in einer Richtung von ungefähr West 12° Süd nach Ost 12° Nord. In dieser Richtung und zwar am Ostende der durch die Erdaushebung verursachten Vertiefung, gerade dem Beobachter am Teleskop gegenüber, ist die Koincidenz-Pendeluhr angebracht. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, einen festen Unterbau für die Uhr herzustellen, und zu dem Ende eine Lage Mauersteine auf den Erdboden, hierauf ein schweres Balkenrahmwerk gelegt, bei dem die Zwischenräume mit gebranntem Gips, dessen Zweck leicht erkannt ist, ausgefüllt. Hierauf ruhte ein 3' langer, 1' 7" breiter und 10" hoher Stein derartig, dass eine 4 zöllige Planke von 2' 6" Länge und 2' 5,5" Breite senkrecht auf dem oben erwähnten Balkenrahmen befestigt werden konnte. — An dieser war die Rückwand der Uhr befestigt; sowohl die Rückwand der Uhr als auch die Planke waren im gleichen Niveau mit dem Teleskop und ungefähr 3" unter dem Uhrpendel mit einer Oeffnung versehen, die einen freien Blick auf das Reversions-Pendel, das an dem entgegengesetzten Ende des Zimmers in einer sogleich zu beschreibenden Weise befestigt war, gestattete. Das Titelblatt zu dieser Abhandlung, Tafel 1, giebt ein Bild von der Lage des Raumes und die Anordnung der einzelnen Theile in demselben.

### III. Die Pendeluhr und deren Aufstellung,

deren Zifferblatt dem Beobachter zugewendet ist, wurde von Mr. Sheperd in London angefertigt und wurde mir gütigst für die Zwecke der Beobachtungen von meinem Freunde Mr. Mc. Gowan, Superintendent of electric Telegraphes of the Colony of Victoria leihweise überlassen. Dem genannten Herrn, sowie Herrn Ellery, dem Government Astronomer, fühle ich mich für die gütige Unterstützung zu grossem Danke verpflichtet. Das Pendelzimmer war mit dem Durchgangszimmer des Observatoriums elektrisch verbunden, sodass in der einfachsten Weise der Gang der Uhr jederzeit bestimmt bzw. kontrolliert werden konnte. An dem untern Ende des Pendels der Uhr befand sich eine Messingspitze befestigt und ein quadratisches Stück Pappe, in welches eine 0,3" hohe Oeffnung geschnitten war von einer Breite von ungefähr 0,06". Dieser Schlitz wurde senkrecht gestellt und zwar in solcher Weise, dass, wenn immer das Pendel der Uhr die Mittellinie passierte oder sich in Ruhe



befand, ein Beobachter am Teleskope nach dem Reversions-Pendel an der hinteren Mauer sehen konnte. Die Entfernung dieses Schlitzes bis zur Mitte des Koincidenz-Fernrohres beträgt 8' 3,75" engl. (2,532 m).

Es ist noch zu erwähnen, dass ich der Vorsicht halber aus Besorgniss, es möchte die Feuchtigkeit des Zimmers der Uhr Schaden zufügen, Anordnung traf, dass Becken, welche mit Chlorcalcium gefüllt waren, in der Nähe oder innerhalb des Uhrgehäuses aufgestellt werden konnten, damit die umliegende Luft möglichst ausgetrocknet wurde. Zur Kontrolle der Kompensation des Uhrpendels (Quecksilber-Cylinder) wurde ein im Innern des Uhrgehäuses aufgestelltes Thermometer dauernd registriert.

Tafel 1 zeigt, wie ich schon erwähnt, die Anordnung des Pendelzimmers mit dem gesammten Apparat. H ist der Pfeiler für das Koincidenz-Fernrohr f. D ist das Postament, worauf die Uhr ruht, die an der Bohle G befestigt ist. a ist der Pappenstreifen, welcher mit dem Schlitz versehen ist. Das Reversions-Pendel ist im Gehäuse B und in der später zu beschreibenden Weise an der starken Bohle M aufgehängt. A ist der Vertikal-Komparator. Wenn nicht beobachtet wurde, so konnte die Klappe P über die ausgehobene Oeffnung R niedergelassen werden. Auf der Treppe S konnte man von der ausgehobenen Grube auf den Fussboden des Beobachtungsraumes gelangen. Zur weiteren Erklärung der Anordnung in diesem Raume dient der Grundplan desselben, wie er auf Tafel 2 beigelegt wird. Zu bemerken ist, dass die Maasse in dem letzteren in Metermaass gegeben sind und dem beigelegten Maassstabe entnommen werden können. Die Buchstaben in demselben sind für die einzelnen Theile die gleichen wie in Tafel 1.

#### IV. Allgemeine Beschreibung des Reversions-Pendels,

auf dessen Beschreibung noch im Einzelnen zurückzukommen sein wird, beruht auf denselben Konstruktionsgrundsätzen wie das, welches einstens von Capitain Kater benutzt wurde; allerdings mit einigen sehr wesentlichen Abänderungen, von denen sofort die Rede sein wird. Zunächst seien hier einige Gewichtsverhältnisse der einzelnen Theile angeführt: Das ganze Gewicht des Reversions-Pendel, ohne die Linsen (Messingcylinder), beträgt 64530 grains (4034,375 g), welches Gewicht symmetrisch an beiden Seiten, von dem mittleren Gewichte gerechnet, vertheilt ist. Das Letztere, das mittlere Gewicht beträgt 12960 grains (801 g), welches übrigens in dem oben angegebenen Totalgewichte eingeschlossen ist. Die Anordnung und Form des Pendels ist auf Tafel 3 Figur 1 von vorn und Figur 7 von der Seite zu sehen. Mit der Absicht, aus den angegebenen Werthen das Centrum der Schwere des Pendels berechnen zu können — was im weiteren Verfolg der Abhandlung dargelegt werden wird —, werden hier die Gewichte der einzelnen Theile, welche nicht wohl auf eine Wage gelegt werden konnten, berechnet angegeben. Allein ich enthalte mich an dieser Stelle alle Einzelheiten darüber anzugeben und beschränke mich darauf zu erwähnen, dass das specifische Gewicht des Metalls, aus welchem das Pendel gefertigt war, zu 8,3 ermittelt worden ist. Wenn man die beiden Linsen (cylindrische Gewichte), die ein Gewicht von bezw. 16270,5 und 2976 grains hatten, mitberechnet, so ist das ganze Gewicht 83776,5 grains (5236 g). Die verschiedenen Maasse erkennt man am besten aus den von Herrn Straubel (früher vom naturhistorischen Museum in Melbourne) ausgeführten Zeichnungen, wovon die dieser



Abhandlung beigegebenen Tafeln 2 und 3 Kopien sind. Vorläufig mag angegeben sein, dass die genaue Entfernung zwischen den beiden Messerschneiden 39,368 engl. Zoll beträgt, bei einer Temperatur von 54,5° Fahrenheit. Das Pendel wurde konstruiert nach einer Angabe von Prof. Bessel-Königsberg in seiner Abhandlung über die Länge des Sekundenpendels in Königsberg<sup>1)</sup> und zwar sind die Punkte, in welchen das Pendel von jenem des Kapitän Kater, das in den Philosophical Transactions von 1818 beschrieben ist, abweicht, die folgenden:

- a) Um den Widerstand der Luft bei den Schwingungen des Pendels zu kompensieren, werden zwei Linsen (Messingcylinder) angewendet, welche genau die gleichen äusseren Dimensionen haben und von dem Centralgewicht gleich weit entfernt liegen. Es kann bewiesen werden, dass bei einer solchen Anordnung die Schwingungen von dem Widerstand der Luft unabhängig sind (s. obige Abhandlung von Bessel, Seite 95). Der eine der beiden Cylinder ist massiv, der andere hohl; die respektiven Gewichte sind oben schon gegeben.
- b) Die Messerschneiden können ausgewechselt werden, sodass die Schwingungen gleichfalls von der cylindrischen Form derselben und von dem Einfluss der Achat-Blättchen, worauf die Messerschneiden des Pendels schwingen, unbeeinflusst bleiben.
- c) Es ist an der Pendelstange kein adjustirbares Gewicht befestigt, durch welches die Bedingungen der Richtigkeit des Instrumentes erfüllt werden, nämlich die Reciprocität der Schwingungsachsen, d. h. dass die Dauer der Schwingung in jeder der Lagen dieselbe bleibt, auf welcher der Messerschneiden das Pendel auch schwingt. Die Weise, in welcher diese Bedingung nach Bessel erfüllt wird, ist sehr einfach. Die Messingstreifen, in die das Pendel ausläuft, werden im Anfange länger gelassen und werden allmählich und an beiden Enden ganz symmetrisch so lange gekürzt, bis die Schwingungen in beiden Lagen ganz gleich sind; es ist einleuchtend, dass dieses nur nach einer Anzahl von Versuchen ausgeführt werden kann. So war beispielsweise mit dem zu den Versuchen benützten Instrument von Lohmeier die Schwingungsdauer mit dem hohlen Gewicht oben 1,00654 Sekunden und mit dem hohlen Gewicht unten 1,00764 Sekunden. Aus dieser Differenz von 0,00110 Sekunden berechnete ich die Länge des Stückchens, das symmetrisch an beiden Enden abzuschneiden war, zu 35 mm. Ich zog es übrigens vor nur um etwa 25 mm zu kürzen, worauf die Schwingungsdauern waren wie folgt:

|                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| leichtes Gewicht oben  | 1,00470 Sekunden, |
| leichtes Gewicht unten | 1,00494 Sekunden; |

die Differenz der Schwingung in beiden Lagen betrug daher nur noch 0,00024 Sekunden. Dadurch war ein Grad der Genauigkeit erzielt, der für den im Auge gehaltenen Zweck genügte. (In der oben angeführten Abhandlung Bessel's die Bestimmung von  $t'$  und  $t$ .)

<sup>1)</sup> Untersuchungen über das einfache Sekundenpendel, Kap. 31, p. 96.



Nach der Theorie dieses Pendels von Bessel, das übrigens zum ersten Mal von mir praktisch ausgeführt wurde, ist es erforderlich die Lage des Schwerpunktes des ganzen Pendels zu kennen. Ich wandte zwei Methoden an, um diese Lage zu erhalten, nämlich die eine beruhte auf einer experimentellen Bestimmung, während eine zweite durch eine genaue Berechnung ausgeführt wurde.

Bei der Ausführung der ersteren wurde ein starker Kupferdraht an der Decke des Zimmers befestigt, welcher bis ganz nahe zu einem unterhalb stehenden Tische reichte; an diesem Draht wurde das Pendel dermassen horizontal aufgehängt, dass es in einer Schleife des Drahtes hin und her bewegt werden konnte, bis das Pendel, welches auf der hohen Kante in der Schleife ruhte, vollständig im Gleichgewicht war, was durch eine sehr einfache Einrichtung bewirkt werden konnte. Die Gewichte wurden nach der ersten Beobachtungsreihe vertauscht, worauf das Experiment wiederholt wurde. Auf diese Weise wurde der Reihe nach die Lage des Schwerpunktes auf der einen Seite des Centralgewichtes und sodann auf der andern und die Differenz zwischen den jeweiligen beiden Lagen bestimmt. Die Hälfte der Differenz zwischen beiden Bestimmungen ist gleich der Entfernung der respektiven Schwerpunktslagen von dem Mittelpunkt des ganzen Pendels. Die Methode der Berechnung dieser Distanzen, die zur Anwendung kam und wovon weiter unten in dieser Abhandlung die Rede sein wird, gab ein Resultat, das mit dem auf experimentellem Wege erhaltenen gut übereinstimmte. Beide ergaben als Entfernung des Schwerpunktes von der Mitte des ganzen Pendels 3,65 engl. Zoll (92,7 mm).

#### V. Aufstellung des Pendels.

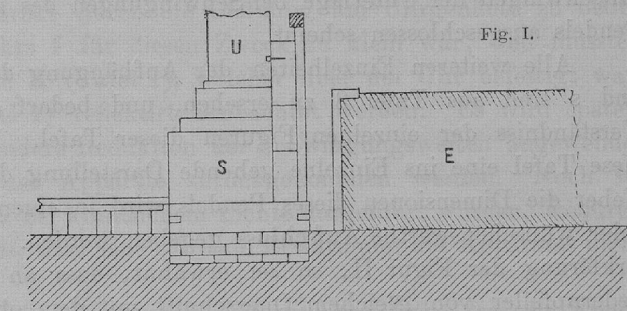
Es ist schon das wesentlichste über das Pendelzimmer und die Anordnung der einzelnen Apparate in demselben gesagt worden; es mag nur noch einiges, das auf die Aufstellung des Apparates im einzelnen Bezug hat, hier folgen. Zunächst sei hier nochmals auf den Grundplan in Tafel 2 verwiesen. Die Mittellinie des Apparates zur Beobachtung der Koincidenzen des Uhrpendels mit dem Reversions-Pendel läuft parallel mit der Wand des Zimmers in einer Entfernung von 1' 8" engl. (0,058 m). Der Boden, in welchem sich die Fundamente der verschiedenen Apparate befinden, ist hart und sehr geeignet für eine solide Fundirung. Es ist eine ähnliche Bodenbeschaffenheit wie die, worauf das neue Observatorium erbaut wurde. Die geologische Formation ist tertiär mit einer Umschliessung von sillurischen Gebilden,<sup>1)</sup> welche an den Ufern des Yarra-Yarra hervortreten und sich in einem Bogen um das Beobachtungslokal herumziehen, wie dies aus Tafel 5 dieser Abhandlung zu ersehen ist. Ungeachtet der Festigkeit des Bodens wurde ein Fundament von Backsteinen, aus zwei Steinlagen bestehend, gelegt, worauf ein Holzrahmen von 4" Querschnitt (0,102 m) gelegt wurde. Der Zwischenraum des Balkenrahmens wurde mit hydraulischem Kalk ausgegossen. Ehe der Kalk getrocknet war, wurde ein schwerer Sandsteinblock von 3' (0,914 m) Länge, 1' 7" (0,483 m) Breite und 10" (0,254 m) Höhe festgemauert, der zur unmittelbaren Unterlage für die Pendeluhr zu dienen hatte und in seiner Höhe so berechnet war, dass er das Pendel der letzteren in eine Höhe brachte mit dem Endpunkte des Reversions-Pendels. In dem erwähnten Raume wurde ein Gerüste eingezapft und damit fest

<sup>1)</sup> Nach den mir damals angegebenen Ermittlungen.



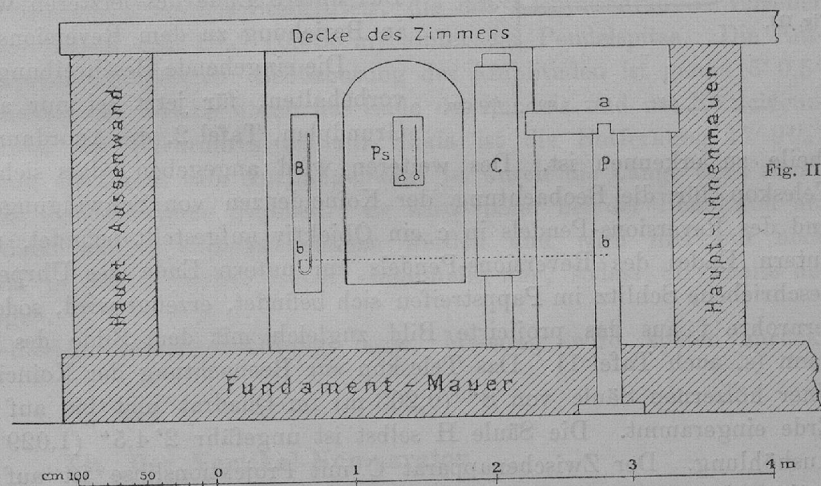
verbunden ein massives Stück Holz, das früher schon erwähnt wurde, von 2' 6" (0,762 m) Höhe, 2' 5,5" (0,749 m) Breite und 4" (0,102 m) Dicke. Das Gehäuse der Uhr wurde darauf an diesem Gestelle befestigt. Die untenstehende Figur I zeigt die Anordnung des Ganzen.

Durch diese Aufstellung der Uhr, die in keiner Verbindung steht mit den Wänden des Zimmers, glaube ich jeder Erschütterung vorgebeugt zu haben, soweit diese die Beobachtungen beeinträchtigen können. Die Uhr befand sich genau in der Mitte des massiven Stückes Holz. Zur Erklärung der Zeichnung sei nur erwähnt, dass S der Sockel der Uhr, U, war und E einen Theil der Wand der Erdaushebung darstellt.



Das Reversions-Pendel wurde auf folgende Weise aufgehängt und für die Schwingungen hergerichtet: In Figur II ist die Anordnung der Apparate in der Richtung nach dem Reversions-Pendel, von dem Koincidenz-Fernrohre aus gesehen, dargestellt. In der Mitte des Zimmers, gegen Osten, befinden sich die Fundamentgewölbe für die Kamine des oberen Stockwerkes. Die Widerlager des Gewölbes sind 1' 1" dick und von Backstein.

Zwischen dem südlichen Widerlager und der südlichen Wand des Zimmers wurde eine starke Planke, a, von gutem, trockenem Tannenholze, 3' 4" (1,016 m) lang, 2" (0,016 m) breit und 5" (0,127 m) dick eingemauert, sodass von jeder Seite 4" auflagen. Es mussten zu diesem Ende an beiden Seiten Backsteine herausgenommen werden, und wurden die Lücken mit



dem Holze mittels hydraulischen Kalkes ausgefüllt. Die freie Spannweite für die Planke betrug 2' 8" (0,813 m). In der Mitte dieser Entfernung wurde ein Cedernpfeiler, P, mit einem Zapfen eingelassen. Der Querschnitt des Pfeilers betrug 9" (0,229 m) im Quadrat, und war das Ende dieses Pfeilers fest in die Fundamentmauer des Hauses eingesetzt. Die obenstehende Zeichnung giebt ein klares Bild von der Anordnung dieses Theiles des Beobachtungsraumes.

Die Entfernung der oberen Kante der Planke vom Fussboden des Beobachtungszimmers betrug 5' 2" (1,575 m) oder von der Decke 2' (0,612 m). Wie bemerkt kann die



Anordnung der Aufstellung aus der vorstehenden Figur erkannt werden, und erübrigt es nur noch einige Worte über die zur Aufhängung des Apparates dienende Planke hinzuzufügen. Figur III zeigt die Art und Weise, in welcher die Planke A in die Mauer eingelassen ist. Z ist der Zapfen des Cedernpfeilers, wodurch jede Erschütterung oder jedes Mitschwingen der Unterlage bei Schwingungen des an dem Pfeiler schwingenden Reversions-Pendels ausgeschlossen scheint.

Alle weiteren Einzelheiten der Aufhängung des Pendels mit der Arretirvorrichtung r und s sind aus Tafel 3 zu ersehen, und bedarf es wohl keiner weiteren Erklärung zum Verständniss der einzelnen Figuren dieser Tafel. Dabei mag erwähnt werden, dass auch diese Tafel eine ins Einzelne gehende Darstellung des Pendels selbst giebt (Figur 1 bis 7). Ueber die Dimensionen dieses Pendels wird in einem späteren Abschnitt dieser Abhandlung jeder wünschenswerthe Aufschluss gegeben werden. Bleiben wir für's Nächste noch bei der Erklärung der Figur II, so sei erwähnt, dass an dem Widerlager des Gewölbes sich ein Cedernpfeiler von gleichem Querschnitt mit dem oben erwähnten befindet, der dazu dient,

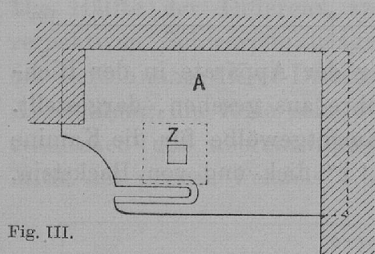


Fig. III.

den Vertikalkomparator C zum genauen Messen der Pendellänge aufzunehmen. Es wird im weiteren Verlauf auf die Beschreibung dieses Apparates zurückgekommen werden, und sei jetzt nur noch erwähnt, dass in der Nische neben dem Vertikalkomparator sich ein Psychrometer Ps befindet sowie ein Normalbarometer von Greiner jr. Berlin (B). Das untere Ende des letzteren wurde genau nivellirt und in Beziehung zu dem Reversions-Pendel gebracht.

Die eingehende Beschreibung der Apparate wird noch vorbehalten, für jetzt sei nur angegeben, dass auch im Grundplan, Tafel 2, die Anordnung der einzelnen Apparatheile zu erkennen ist. Des weiteren wird angegeben, dass sich in einer Linie mit dem Teleskop für die Beobachtung der Koincidenzen von Schwingungen des Pendels der Uhr und des Reversions-Pendels in c ein Objectiv aufgestellt befindet, mittels dem ein Bild des untern Endes des Reversions-Pendels am untern Ende des Uhrpendels, da wo der oben beschriebene Schlitz im Pappstreifen sich befindet, erzeugt wird, sodass man vom Koincidenzfernrohre f aus das projecirte Bild zugleich mit dem Bilde des Uhrpendels wahrnehmen kann (s. auch Tafel 1). Das Teleskop zur Beobachtung der Koincidenzen befindet sich auf einer hölzernen Säule von 8" (0,203 m) im Quadrat und bis auf 2' (0,610 m) tief in die Erde eingerammt. Die Säule H selbst ist ungefähr 2' 4,5" (1,029 m) über dem Boden der Aushöhlung. Der Zwischenapparat C mit Projektionslinse ist auf einem Cedernblock befestigt, der nur einige Zoll über dem Boden des Zimmers hervorragt, in den er auf 2' (0,610 m) tief eingerammt ist.

In nachstehendem werden die Entfernungen der einzelnen Theile des Pendelapparates wenn das Reversions-Pendel eingehängt, die Koincidenzuhr aufgestellt und das Teleskop in der Mitte der für diesen Zweck bestimmten Säule befestigt ist, gegeben:

Entfernung des Pendels der Uhr (Schlitz im Zeiger) bis zum Reversions-Pendel  
= 7' 11,5" (2,426 m)

Entfernung des Objectivs des Projectionsapparates C vom Uhrpendel = 5' 1,5"  
(1,562 m)



Entfernung des Objektivs des Zwischenapparates vom Reversions-Pendel =  $2' 10''$   
(0,864 m)

Entfernung der Mitte des Teleskops vom Uhrpendel =  $8' 3\frac{3}{4}''$  (2,534 m).

Es ist nun noch hervorzuheben, dass es nicht möglich war, die Amplituden der Schwingungen des Reversions-Pendels direkt durch die Oeffnung am Uhrgehäuse zu beobachten, da das Gesichtsfeld des Fernrohrs f für diesen Zweck zu klein war, und mussten deshalb die Amplituden in einem Spiegel K (Tafel 1), welcher über der Uhr befestigt war, mittels eines zweiten Fernrohrs g (Tafel 1) reflektirt beobachtet werden. Es wird später, da in Folge dieser Anordnung eine besondere Reduktion der Schwingungsweiten angewendet werden musste, auf diese Anordnung der Apparate zurückgekommen werden. Noch sei erwähnt, dass sämtliche Beobachtungen bei künstlichem Lichte ausgeführt wurden, wodurch Sorgfalt darauf verwendet werden musste, dass eine störende Erwärmung des Apparates nicht stattfinden konnte.

Ueber die Weise die Koincidenzen zu beobachten sei nur erwähnt, dass die Enden des Reversions-Pendels in einen schmalen Streifen ausliefen, mittels dem ganz in der Weise, wie dies von Bessel<sup>1)</sup> beschrieben worden ist, die Koincidenzen mit dem Uhrpendel beobachtet werden konnten. Ein schmales weisses Blättchen an der unten befindlichen Skala für die Beobachtung der Amplituden gestattete die Ein- und Austritte, sowie die totale Verdunklung desselben mit aller wünschenswerthen Schärfe zu beobachten. Die Amplituden selbst wurden mittels einer feinen Stahlspitze an den Enden des Pendels, die über der Skala schwang abgelesen. Die Skala war mittels Stellstiften, die mit Klemmschrauben versehen waren, zu adjustiren und befand sich  $1\frac{3}{8}''$  (0,035 m) hinter der Pendelspitze. Die Entfernung des oben beschriebenen Spiegels zur Beobachtung der Amplituden ist genau  $5' 0,5''$  (1,535 m) über der Horizontallinie, welche durch das Ende des Pendels und das Koincidenzfernrohr geht. Vom Okular des Fernrohrs bis zur Skala ist die Entfernung  $17' 0\frac{3}{8}''$  (5,182 m). Die Entfernung der Skala vom Aufhängepunkt ist durch die Länge des Pendels von der Messerschneide bis zur Stahlspitze gegeben. Es wird später bei der Reduktion der Schwingungsweiten auf diese Zahlen zurückgekommen werden und wird hier nur noch angegeben, dass die Skala in halbe Pariser Linien eingetheilt war, sodass 80 Theile der Skala etwa 90 mm betragen.

Auf weitere Einzelheiten der Beobachtung bezw. Messung wird später zurückgekommen werden.

## VI. Der Vertikal-Komparator

zur Bestimmung der Länge zwischen den Messerschneiden wurde nach meinen Angaben von dem Mechaniker Heinrich Schreiber in Melbourne angefertigt. Der, soviel mir bekannt, mit Ausnahme des von Littrow verwendeten Fühlhebel-Vertikal-Messapparat,<sup>2)</sup> eine Vorrichtung zum Messen der Pendellänge in vertikaler Lage noch nicht konstruirt war, so hatte ich mich zunächst über die Konstruktion eines solchen, für die Melbournner Verhältnisse geeigneten Apparates schlüssig zu machen. Denn, dass man in Fällen, wie

<sup>1)</sup> Mittels des Koincidenzcyinders.

<sup>2)</sup> S. S. 482 im Vorwort zu dieser Abhandlung.



sie bei Messungen von Pendellängen gegeben sind, diese nur in der Lage, in welcher das Pendel schwingt, ausführen dürfe, war bei der äussersten Genauigkeit, die angestellt werden musste, einleuchtend. Alle Versuche, das unter einem horizontal angeordneten Komparator befindliche Pendel durch Gewichte zu strecken, konnten nach den gemachten Erfahrungen nicht genügen. Da ein Vorbild für den Apparat nicht vorlag, so boten sich der Konstruktion eines solchen nicht unerhebliche Schwierigkeiten dar, die aber, wie der Erfolg zeigte, durch die Tüchtigkeit des Mechanikers überwunden wurden. Auf Tafel 4 dieser Abhandlung findet sich der Vertikalkomparator mit allen Details abgebildet und dürfte darnach eine eingehende Beschreibung desselben zum vollen Verständnisse kaum erforderlich sein. Figur 1 zeigt dessen Ansicht von vorne, Figur 2 von der Seite. Figur 3 der Tafel 4 ist ein Schnitt in der Richtung A-B und F-L, woraus die Anordnung der einzelnen Theile ersichtlich wird und namentlich die Lage der Mikrometer  $m'$ , sowie die Vorrichtung  $ss$  der Schraube, mittels der das zu messende Pendel unter dem Mikrometer vorübergeführt werden konnte, um verschiedene Stellen der Messerschneiden zur Messung benützen zu können. Figur 4 ist ein Horizontaldurchschnitt durch C-E und H-J, sodass man das Mikroskop  $m$  und eine Vorrichtung  $q$  sehen kann, welche letztere dazu diente, das Pendel bei den Messungen, leicht gestützt, festzuhalten. In beiden Figuren ist die Lage des Pendels  $ii$  angedeutet, sodass man erkennen kann, wie sich dasselbe während der Messung gelagert befindet. Erwähnt sei nur noch, dass, wenn das Pendel nicht eingehängt sich befand, der Normalmaassstab  $nn$  an seine Stelle gebracht werden konnte. Die Art und Weise der Messung der Entfernung der Messerschneiden des Pendels  $PP$  oder des Maassstabes auf der soliden Schiene  $hh$  ist im Allgemeinen ähnlich derjenigen, welche Sir G. Schuckburgh-Evelyn bei seinem Horizontalkomparator anwandte, und bedarf wohl keiner besonderen Auseinandersetzung.<sup>1)</sup> Die Figuren 5, 6, 7, 8, 9 und 10 der Tafel 4 geben Einzelheiten der Aufhängung bzw. der Bewegung einzelner Theile des Apparates. Thermometer zur Ablesung der jeweiligen Temperatur befanden sich in dem Gehäuse aufgehängt, in dem der Apparat, wenn nicht gebraucht, verschlossen war. Zur Aufstellung des Komparators sei noch erwähnt, dass sich derselbe an einer soliden Cedernsäule von 22,5 cm quadratischen Querschnitt  $T$  befestigt befand, die seinerseits wieder auf einer Mauer  $N$  ruhte und in der Wand des Beobachtungszimmers eingemauert sich befand. Die Anordnung ist aus Tafel 1 zu ersehen, sowie, dass der Komparator in unmittelbarer Nähe des Aufhängungs- und Schwingungsortes des Pendels sich befand, wodurch es zu bewirken möglich wurde, dass beide Apparate die gleiche Temperatur hatten.

## VII. Das Messen der Pendellänge und die Vergleichung derselben mit dem Maassstab.

Der Komparator war, wie soeben erklärt, in unmittelbarer Nähe der Pendelvorrichtung aufgestellt (die horizontale Entfernung betrug etwa  $2' 6\frac{3}{4}''$ ). Auf diese Weise konnte sowohl der Transport des Pendels zum Komparator, wie auch die Vergleichung mit dem Maassstabe in kürzester Frist ausgeführt werden. Temperaturdifferenzen zwischen den beiden Aufstellungen waren, wie gleichfalls schon bemerkt, bei dieser Anordnung der Aufstellung

<sup>1)</sup> Philosophical Transactions 1798 pl. I p. 133 ff.: An account of some Endeavours to ascertain a Standard of weights and measures.



ausgeschlossen. Die Vergleichung zwischen Maassstab und Pendel wurde stets so ausgeführt, dass vor dem Beginne einer Beobachtungsserie ein Vergleich der Pendellänge mit dem Maassstabe unter genauer Angabe der Temperatur am Pendel und am Maassstabe in der Weise ausgeführt wurde, dass zunächst der Maassstab unter den Mikrometer des Komparators eingestellt wurde; sodann wurde das Pendel unter die Mikroskope gebracht an derselben Stelle, wo der Maassstab vorher war, und die mikrometrische Differenz genauestens gemessen. Sobald das Pendel wieder in seine für die Schwingung geeignete Stellung (M, Tafel 1) gebracht worden war, wurde mit diesen begonnen in der späterhin zu beschreibenden Reihenfolge. Nach Beendigung einer Serie wurde zunächst wieder der Maassstab unter dem Mikrometer bzw. Mikroskope eingestellt, sodann entfernt, das Pendel an seine Stelle gebracht und mit aller Sorgfalt mikrometrisch die Entfernung der Messerschneiden gemessen. Nachdem dies geschehen und das Pendel entfernt war, wurde die Einstellung des Maassstabes, der nun wieder unter den Mikroskopen sich befand, verificirt. Die Messerschneiden waren in vier gleichweit von einander entfernten Stellen durch vertikale Striche markiert, sodass die Entfernung derselben mittels der oben angeführten Schraube (Tafel 4 Figur 1 ss) an vier verschiedenen Stellen gemessen werden konnte; jede Messung der Entfernung der Messerschneiden zu Anfang und zu Ende wurde auf diese Weise zwischen zwei Maassstabeinstellungen durchgeführt. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass die Temperatur an den verschiedenen für die Reduktion wichtigen Punkten des Apparates strengstens notirt wurde.

### VIII. Der Maassstab und die vorläufigen Ergebnisse der Vergleichungen desselben.

Der Maassstab, der aus vorzüglichem harten Messing angefertigt war, hatte einen quadratischen Querschnitt von 13,3 mm Seite und trug an dem oberen Ende, etwa 7 cm von dem äussersten Ende entfernt, eine Vorrichtung (Tafel 4 Figur 1 und Figur 2 oo), in welcher er in ganz ähnlicher Weise, wie das Pendel, in die am Komparator angebrachten Lager eingelassen ruhte und zwar alsdann auf zwei, ähnlich wie bei den Messerschneiden des Pendels, befindlichen Zapfen. Es wurde der Maassstab, nachdem er in die senkrechte Lage mittels einer kleinen, am unteren Ende befindlichen Schraube, gegen welche er nur ganz leise angelehnt sich befand, sonst nicht weiter, weder in der Mitte, noch unten festgeklemmt. Es wurde alsdann die durch die unmittelbar vorhergegangene Lage des Messerschneiden des Pendels genau adjustirte Lage unter den Mikrometern auch für die Einstellung des Maassstabes massgebend. Es forderte nur eine geringe Uebung, sich von der korrekten Lage des Maassstabes zu überzeugen und sich der Unverrückbarkeit desselben stets zu versichern. Es geht aus dieser Darstellung hervor, dass der Maassstab, wenn die Zapfenlager an dem Komparator genau adjustirt waren, vollkommen frei und ohne eine Pressung von irgend einer Seite zu erleiden, unter den Mikroskopen senkrecht herabhing. In dem Gehäuse, in welchem der Komparator, wenn er nicht gebraucht wurde, eingeschlossen war, befand sich an der Seite eine Vorrichtung mit Zapfenlagern, in welchen der Maassstab stets in der gleichen Weise, wie er bei den Messungen hing, aufbewahrt wurde.

Der Pfeiler, an welchem der Komparator befestigt war, bestand, wie ich schon oben angeführt, aus einem durchaus gesunden und wohl ausgetrockneten Cedernblock mit quadratischem Durchschnitt von 22,5 cm Seite. Die Höhe des Pfeilers betrug 156 cm.



Es wird hier nur noch erwähnt, dass, nachdem der ganze Apparat von der Königlich Preussischen Regierung für die Sternwarte in Kiel angekauft worden war, an dem Maassstabe einige Veränderungen angebracht wurden, die aber keinerlei Einfluss auf die Längenverhältnisse desselben ausübten, was hier ausdrücklich, um irrige Auffassungen zu verhüten, hervorgehoben sei. Unter der Leitung des Professor C. F. W. Peters des jüngeren wurden in eeer Folge mit dem identischen Apparate Pendelmessungen in Altona, Königsberg in Preussen und in Berlin ausgeführt, von welchen weiter unten die Rede sein wird, und hat die obige Bemerkung nur den Zweck zu betonen, dass weder am Maassstabe noch am Apparate überhaupt solche Veränderungen angebracht wurden, die die Vergleichung der mit demselben in Melbourne, Berlin, Königsberg und Altona ausgeführten Beobachtungen in irgend einer Weise alterirt oder unzulässig gemacht haben würden.

Der zu den Beobachtungen verwendete Maassstab spielt in dieser Beobachtungsserie eine so wichtige Rolle, dass es erforderlich sein wird auf dessen Vergleichung mit Normalmaassen im Einzelnen zurückzukommen. Hier sei nur soviel jetzt schon hervorgehoben, dass gleich nach Abschluss der Beobachtungen (1864) der Maassstab des Pendels Lohmeier mit dem Normalmaasse (Standard Bars) des geodätischen Vermessungsbureau von Victoria verglichen wurde und dass diese Vergleichung zu einer Zeit stattfand, als die berühmte Arbeit von Clarke über die Vergleichung der englischen yard mit dem Metermaass in dem Werke Comparison of Standards u. s. w. noch nicht festgestellt war und also eine Zurückführung auf ein gemeinsames Maass nicht möglich schien. Die dadurch bedingte Unsicherheit veranlasste mich mit der Veröffentlichung der Endergebnisse zurückzuhalten und im Laufe von 30 Jahren zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten Vergleichen anzustellen; es wird auf diesen Gegenstand am Schluss der Abhandlung noch im Einzelnen zurückgekommen werden und soll hier nur noch das Endergebniss, nachdem alle Unsicherheit möglichst entfernt war, kurz angeführt werden.

Die verschiedenen Vergleichungen des Messing-Maassstabes sind nun wie folgt:

|                                        |                |
|----------------------------------------|----------------|
| 1. Ellery. 1864. Melbourne             | 1 m + 0,438 mm |
| 2. Förster. 1869. Berlin               | + 0,447 "      |
| 3. Förster. 1869/70. Berlin            | + 0,459 "      |
| 4. Chisholm. 1870. London              | + 0,437 "      |
| 5. Baumann. 1872. Berlin               | + 0,458 "      |
| 6. Pensky und J. Baumann. 1880. Berlin | + 0,437 "      |
| 7. Stadthagen. 1896. Berlin            | + 0,442 "      |

Daraus ergiebt sich ein Mittelwerth von:

Maassstab = 1 m + 443,3  $\mu$  bei 58° Fahrenheit. ( $\mu$  = Mikron = Tausendel mm.)

Dabei sind die Vergleichungen unter 3 und 5 als eine gezählt und eine zufriedensstellende Uebereinstimmung erzielt, jedoch wurde schliesslich aus allen Vergleichungen ein Mittelwerth gezogen, welcher sich auf:

Maassstab = 1 m + 445  $\mu$

erhöht, und es wurde dieser Werth der Ableitung des Pendels den Beobachtungen in und für Melbourne zu Grunde gelegt.



### IX. Das Reversions-Pendel im Einzelnen beleuchtet. Allgemeine Konstruktion und Dimensionen. Ausdehnungs-Koeffizient.

Das Reversions-Pendel besitzt eine Gesamtlänge, von Spitze zu Spitze gerechnet, von 2 m und einen Messerschneidenabstand von 1,001 m. Um den Ausdehnungs-Koeffizienten des Reversions-Pendels zu bestimmen, wurde dasselbe in Baumwollwatte eingepackt, in welche an verschiedenen Stellen Thermometer eingebettet lagen. Diese leichte, nahezu gewichtlose Umhüllung vermehrte die Belastung nicht und konnte das so verpackte Pendel in den Komparator und unter die Mikrometer gebracht werden. Es konnte das in Baumwolle gehüllte Instrument zu einer beträchtlichen Höhe erhitzt werden; während die Messungen unter dem Komparator vorgenommen wurden, kühlte sich dasselbe langsam ab, sodass man den Abstand der Messerschneiden mit aller Sicherheit und ohne Uebereilung bei verschiedenen Temperaturen ausführen konnte. Aus den verschiedenen Resultaten ergibt sich als Länge des Schneidenabstandes in mm, wenn von der für die Vergleichstange erforderlichen Temperaturkorrektur abgesehen und mit  $\mu = 0,0161913$  der Werth eines Theilstriches der Mikrometerschraube am Komparator bezeichnet wird:

|           |   |                    |   |            |
|-----------|---|--------------------|---|------------|
| bei 87,5° | = | 1000 + 54,96 $\mu$ | = | 1000,8898  |
| " 83,0°   | = | 1000 + 53,80 $\mu$ | = | 1000,8710  |
| " 77,5°   | = | 1000 + 49,43 $\mu$ | = | 1000,8003  |
| " 71,5°   | = | 1000 + 45,50 $\mu$ | = | 1000,7367  |
| " 67,8°   | = | 1000 + 42,75 $\mu$ | = | 1000,6921  |
| " 57,8°   | = | 1000 + 37,95 $\mu$ | = | 1000,6144  |
| " 56,5°   | = | 1000 + 38,63 $\mu$ | = | 1000,6254. |

Die Temperaturen der Vergleichstange, von welchen soeben die Rede war, waren zu denselben Zeiten:

|        |           |             |
|--------|-----------|-------------|
| 59,0 ° | . . . . . | + 0,4010 mm |
| 59,60° | . . . . . | + 0,4070 "  |
| 59,65° | . . . . . | + 0,4082 "  |
| 59,25° | . . . . . | + 0,4038 "  |
| 59,25° | . . . . . | + 0,4038 "  |
| 57,80° | . . . . . | + 0,3890 "  |
| 56,40° | . . . . . | + 0,3744 "  |

sodass die verbesserte Pendellänge für die obige Temperatur wird wie folgt:

|            |
|------------|
| 1001,2908  |
| 1001,2786  |
| 1001,2085  |
| 1001,1405  |
| 1001,0959  |
| 1001,0034  |
| 1000,9999. |

Diese Resultate werden im Endergebniss eine Veränderung erfahren, wovon am Schlusse eine eingehende Darlegung erfolgen wird.



Nehmen wir nun einstweilen an, die Länge des Pendels sei bei  $t$ -Grad Fahrenheit:

$$l = 1001 + x + (t - 60)(0,01049 + y),$$

so erhalten wir, indem wir für  $l$  und  $t$  die obigen Werthe einsetzen, für  $x$  und  $y$  folgende Gleichungen:

$$x + 27,5 y - 0,0023 = 0$$

$$x + 23,0 y - 0,0373 = 0$$

$$x + 17,5 y - 0,0249 = 0$$

$$x + 11,5 y - 0,0199 = 0$$

$$x + 7,8 y - 0,0141 = 0$$

$$x - 2,2 y - 0,0265 = 0$$

$$x - 3,5 y - 0,0366 = 0.$$

Bestimmt man aus diesen Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Grössen  $x$  und  $y$ , so ergibt sich:

$$x = + 0,0282184$$

$$y = - 0,0004403.$$

Der Ausdehnungskoeffizient des Pendels beträgt also bei  $1^{\circ}$  Fahrenheit:

$$\mu = \frac{0,01049 - 0,0004403}{1001} = 0,00001004.$$

### X. Bestimmung der mittleren Temperatur des Pendels.

Zur Bestimmung der mittleren Temperatur des Pendels waren im Pendelgehäuse drei Thermometer in der Entfernung  $e = 196$  mm,  $e' = (196 + 816)$  mm = 1012 mm und  $e'' = (1012 + 816)$  mm = 1828 mm von der obersten Spitze des Pendels angebracht. Von der Spitze bis zur nächsten Messerschneide ist die Entfernung gleich = 493,3 =  $F$ , bis zur folgenden Messerschneide = 1493,3 =  $F'$ .

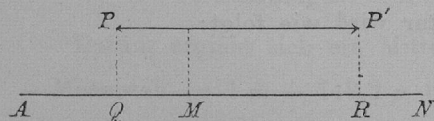


Fig. IV.

Es seien  $PP'$  (in Figur IV) die Messerschneiden des Pendels,  $AN$  parallel mit  $PP'$ ,  $A$  der Anfangspunkt der Koordinaten,  $PQ$  senkrecht auf  $AN$ ,  $AQ = F$ ,  $AR = F'$ ,  $AM = x$ . Bei  $M$  sei die Temperatur:

$$a + bx + cx^2,$$

so ist sie für:

$$x = e \dots \dots a + be + ce^2 = A$$

$$x = e' \dots \dots a + be' + ce'^2 = B$$

$$x = e'' \dots \dots a + be'' + ce''^2 = C.$$



Die mittlere Temperatur des Pendels wird alsdann:

$$M = \int_{x=F}^{x=F'} \frac{(a + b x + c x^2)}{F' - F} dx.$$

$$= a + \frac{1}{2} (F' + F) b + \frac{1}{3} (F'^2 + F F' + F^2) c$$

$$= a + 994,3 b + 1072299 c.$$

Es ist nun:

$$A = a + 196 b + 38416 c$$

$$B = a + 1012 b + 1024144 c$$

$$C = a + 1828 b + 3341584 c.$$

Hieraus folgt:

$$a = 1,389141 A - 0,538087 B + 0,148945 C$$

$$b = -0,002133 A + 0,003040 B - 0,000907 C$$

$$c = [A - 2 B + C] 0,000000751,$$

und für die mittlere Temperatur des Pendels:

$$M = 0,073911 A + 0,873877 B + 0,052217 C,$$

wo  $A$ ,  $B$ ,  $C$  die Angaben der drei Thermometer bezeichnen.

Werden nur die Angaben der zwei Thermometer  $B$  und  $C$  berücksichtigt, so finden wir aus den Gleichungen:

$$B = a + 1012 b$$

$$C = a + 1828 b:$$

$$a = 2,240197 B - 1,240197 C$$

$$b = \frac{1}{816} (C - B)$$

und für die mittlere Temperatur des Pendels:

$$M = 1,021694 B - 0,021694 C.$$

## XI. Bestimmung der Dimensionen, Volumina und Gewichte der einzelnen Theile des Pendels.

In dem Folgenden ist eine Uebersicht über die einzelnen Theile gegeben, aus denen das Pendel zusammengesetzt ist, und es ist bezeichnet worden mit:

- $v$ , das Volumen des respektiven Theiles in Kubikmillimeter,
- $g$ , sein Gewicht in englischen grains,
- $s$ , die Entfernung seines Schwerpunktes von der obersten Messerschneide, als das leichte Gewicht unten war; ferner sind die Dimensionen der Theile in Millimetern angegeben.



## I. Voller Cylinder.

|             |          |
|-------------|----------|
| Durchmesser | 89,2 mm  |
| Dicke       | 31,5 mm. |

Für den zum Aufchieben auf die Stange fehlenden Theil:

|        |         |                              |
|--------|---------|------------------------------|
| Breite | 37,5 mm | $v = 186143,9 \text{ cbmm}$  |
| Dicke  | 3,3 mm  | $g = 16270,5 \text{ grains}$ |
|        |         | $s = -81,0 \text{ mm.}$      |

## II. Hohler Cylinder.

|                      |             |                             |
|----------------------|-------------|-----------------------------|
| Dicke der Wandung    | 1,14577 mm  | $v = 23286,3 \text{ cbmm}$  |
| äusserer Durchmesser | 89,2 mm     | $g = 2976,0 \text{ grains}$ |
| innerer Durchmesser  | 86,90846 mm | $s = +1083,0 \text{ mm}$    |
| Höhe                 | 31,5 mm.    |                             |

## III. Mittleres Gewicht.

|             |          |                              |
|-------------|----------|------------------------------|
| Durchmesser | 74,72 mm | $v = 129283,5 \text{ cbmm}$  |
| Höhe        | 31,5 mm  | $g = 13129,0 \text{ grains}$ |
|             |          | $s = +510,0 \text{ mm}$      |

## IV. Ganze Stange.

|        |           |                              |
|--------|-----------|------------------------------|
| Länge  | 1328,4 mm | $v = 164389,6 \text{ cbmm}$  |
| Breite | 37,5 mm   | $g = 20822,4 \text{ grains}$ |
| Dicke  | 3,3 mm    | $s = +501,0 \text{ mm}$      |

## V. Oberer Theil der Stange.

Derselbe wurde zum Zwecke seiner Berechnung in zwei Stücke zerlegt gedacht, wie nebenstehende Figur V zeigt:

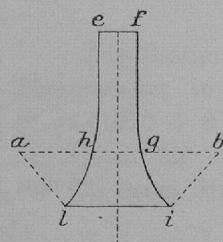


Fig. V.

a) Stück *efgh*

|        |          |                             |
|--------|----------|-----------------------------|
| Länge  | 283,6 mm | $v = 9358,8 \text{ cbmm}$   |
| Breite | 10,0 mm  | $g = 1185,4 \text{ grains}$ |
| Dicke  | 3,3 mm   | $s = -320,2 \text{ mm}$     |

b) Stück *gilh*

|                        |                        |                            |
|------------------------|------------------------|----------------------------|
| $li = 37,5 \text{ mm}$ | $hl = 28,3 \text{ mm}$ | $v = 1227,0 \text{ cbmm}$  |
| $ah = 32,8 \text{ mm}$ | $ab = 75,6 \text{ mm}$ | $g = 155,3 \text{ grains}$ |
| $hg = 10,0 \text{ mm}$ |                        | $s = -168,3 \text{ mm}$    |

## VI. Koincidenzprisma.

|        |        |                          |
|--------|--------|--------------------------|
| Länge  | 4,5 mm | $v = 41,6 \text{ cbmm}$  |
| Breite | 2,8 mm | $g = 5,3 \text{ grains}$ |
| Dicke  | 3,3 mm | $s = -463,1 \text{ mm}$  |

## VII. Spitze.

|        |        |                          |
|--------|--------|--------------------------|
| Höhe   | 18 mm  | $v = 29,7 \text{ cbmm}$  |
| Breite | 1 mm   | $g = 3,8 \text{ grains}$ |
| Dicke  | 3,3 mm | $s = -471,3 \text{ mm}$  |



## VIII. Schrauben an den Gewichten.

Dieselben bestehen aus je drei Cylindern,

|                                               |                            |
|-----------------------------------------------|----------------------------|
| deren Durchmesser resp. 15,6, 5,4 und 10,7 mm | $v = 986,1 \text{ cbmm}$   |
| deren Höhe „ 2,8, 5,5 „ 3,6 mm                | $g = 124,9 \text{ grains}$ |
|                                               | $s = - 81,0 \text{ mm}$    |

## IX. Schneidenprisma (von Stahl).

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| Höhe 11,0 mm   | $v = 3893,1 \text{ cbmm}$  |
| Breite 15,8 mm | $g = 468,4 \text{ grains}$ |
| Dicke 44,8 mm  | $s = - 3,7 \text{ mm}$     |

## X. Schneidencylinder (von Stahl).

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| Höhe 7,8 mm   | $v = 331,4 \text{ cbmm}$  |
| Radius 2,6 mm | $g = 39,9 \text{ grains}$ |
|               | $s = 0 \text{ mm}$        |

Die Bezeichnung der folgenden Stücke, die zur Befestigung der Schneiden und Gewichte am Pendel dienen, ist in nebenstehender Figur VI erläutert:

XI. Das Stück *MK*.

|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| Höhe 140,0 mm  | $v = 86100 \text{ cbmm}$     |
| Breite 37,5 mm | $g = 10905,8 \text{ grains}$ |
| Dicke 8,2 mm   | $s = - 83,6 \text{ mm}$      |

XII. Das doppelte Stück *KL*.

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| Höhe 13,0 mm   | $v = 18525,0 \text{ cbmm}$  |
| Breite 37,5 mm | $g = 2346,5 \text{ grains}$ |
| Dicke 19,0 mm  | $s = - 6,5 \text{ mm}$      |

XIII. Die Stücke *a* und *b* (von Stahl).

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| Höhe 7,6 mm   | $v = 448,6 \text{ cbmm}$  |
| Breite 4,1 mm | $g = 54,0 \text{ grains}$ |
| Dicke 7,2 mm  | $s = - 3,8 \text{ mm}$    |

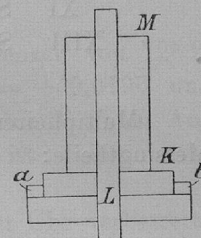


Fig. VI.

## XII. Bestimmung des spezifischen Gewichtes der einzelnen Theile des Pendels.

Die Angaben in obiger Uebersicht über die Dimensionen, Volumina und Gewichte der einzelnen Theile des Pendels ermöglichen es, deren spezifische Gewichte zu bestimmen. Da  $1 \text{ g} = 15,434725 \text{ grains}$ , so ist das spezifische Gewicht eines Stückes:

$$s = \frac{1000 \text{ g}}{15,434725 \cdot v}.$$

Nach einer eingehenden Diskussion der einzelnen Messungen und Wägungen und einer Diskussion der Ergebnisse, die wir hier im Einzelnen nicht zum Abdrucke bringen, die sich



aber in der Originalberechnung in extenso wiedergegeben finden, ergibt sich das specifische Gewicht  $S$ :

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| I. Voller Cylinder     | $S = 5,663086$ |
| III. Mittleres Gewicht | $S = 6,5795.$  |

Für II. Hohles Gewicht ergibt sich aus den einzelnen Wägungen und Messungen für das specifische Gewicht des Messings allein  $S = 8,280047$ ; und es wurde mit Hilfe seines Gewichtes die Dicke der Wandung zu 1,14577 mm bestimmt.

Für die übrigen Messingtheile ergibt sich, wenn man vom Gesamtgewicht des Pendels die Stahltheile, deren specifisches Gewicht zu 7,795 angenommen wurde, und die obigen Gewichte abzieht, das specifische Gewicht  $S = 8,2065$ .

Ordnen wir nun die Volumina und Gewichte, sofern sie bestimmt wurden, nach den römischen Zahlen, wie sie in Vorstehendem angewandt sind:

|                                      | Volumen       | Gewicht <sup>1)</sup> |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|
| Va oberer Theil, Fig. V <i>efgh</i>  | 9358,8 cbmm   | 1184,5 grains         |
| Vb unterer Theil, Fig. V <i>ghil</i> | 1227,0 "      | 155,3 "               |
| VI Koincidenzprisma                  | 41,6 "        | 5,3 "                 |
| VII Spitze                           | 29,7 "        | 3,8 "                 |
| VIII Schrauben an den Gewichten      | 986,1 "       | 124,8 "               |
| XI Stück <i>MK</i> , Fig. VI         | 86100,0 "     | 10897,2 "             |
| XIII Stück <i>ab</i> , Fig. VI       | 18525,0 "     | 2344,6 "              |
|                                      | 116268,2 cbmm | 14715,5 grains.       |

Multiplirciren wir diese Werthe mit 2, so haben wir für die symmetrisch liegenden Messingtheile:

|                           | Volumen       | Gewicht         |
|---------------------------|---------------|-----------------|
|                           | 232536,4 cbmm | 29431,0 grains  |
| dazu kommt für die Stange | 164389,6 "    | 20822,4 "       |
|                           | 396926,0 cbmm | 50253,4 grains. |

Dies ist das Gewicht der Messingtheile des Pendels ohne die beiden Linsen.

Das Gewicht der Theile aus Stahl ist:

|      |               |
|------|---------------|
| IX   | 468,4 grains  |
| X    | 39,9 "        |
| XIII | 54,0 "        |
|      | 562,3 grains. |

Dies multiplicirt mit 2 giebt = 1124,6 grains, wozu das Gewicht der mittleren Linse von 13129 grains gelegt wird, giebt = 14253,6 grains.

Nach meinen Wägungen war das Gewicht des Pendels = 64530 grains. Wird davon das Gewicht der mittleren Linse und der Stahltheile abgezogen, so bleibt:

als Gewicht 50276,4 grains.

Durch die obige Rechnung haben wir erhalten 50253,4, also eine Differenz von 23,0 grains, eine gute Uebereinstimmung.

<sup>1)</sup> Es wurde von einer Umrechnung von „grains“ in Gramm abgesehen.



### XIII. Gang der Uhr im Pendelzimmer gegen mittlere Zeit.<sup>1)</sup>

Es wird in einem Anhang eine Tabelle über die Vergleichung der Pendeluhr gegeben werden. Um nun für jede Beobachtungsreihe den Gang der Uhr im Pendelzimmer gegen mittlere Zeit zu bestimmen, wurde der stündliche Gang der Uhr, der zur Mitte der Koincidenzreihe gehört, aus drei Uhrständen abgeleitet, von denen die beiden äusseren die Beobachtungsreihe zunächst einschliessen. So wurde beispielsweise für den 16. Oktober die Rechnung folgendermaassen ausgeführt:

|                  | mittl. Zeit                   | Uhrkorrektion          |
|------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1863. Oktober 16 | 1 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> | + 14,99 <sup>sec</sup> |
| "                | 8 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> | + 15,77 <sup>sec</sup> |
| " Oktober 17     | 1 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> | + 15,22 <sup>sec</sup> |

Daraus ergibt sich:

|                   |                         |              |          |
|-------------------|-------------------------|--------------|----------|
| Oktober 16        | 4 <sup>h</sup> 33'      | stündl. Gang | + 0,0254 |
| Oktober 16        | 16 <sup>h</sup> 35'     | stündl. Gang | + 0,0029 |
| Erste Koincidenz  | 6 <sup>h</sup> 50' 56,5 |              |          |
| Letzte Koincidenz | 9 <sup>h</sup> 2' 15,5  |              |          |
| Mittel            | 7 <sup>h</sup> 57'      |              |          |

Nimmt man an, dass der stündliche Gang der Uhr in der Zwischenzeit von 12<sup>h</sup> 2' sich der Zeit proportional geändert hat, so ist sein Werth für 7<sup>h</sup> 57' = + 0,0190 und dieser ist für die Reduktion der Beobachtungen von Oktober 16, 6<sup>h</sup> 51' bis 9<sup>h</sup> 2', in Anwendung zu bringen. Der auf diese Weise gefundene Gang der Uhr ist weiter unten angegeben.

Ist so der stündliche Gang bestimmt, so ist die wegen des Ganges der Uhr verbesserte Schwingungszeit, wenn wir die unverbesserte mit  $t'$ , den stündlichen Gang der Uhr mit  $a$  bezeichnen:

$$t = t' + \frac{a}{3600} t' = t' \left[ 1 + \frac{a}{3600} \right].$$

Von Juli 23 bis September 1 hat der Gang der Uhr, da er zu den Berechnungen nicht benützt werden musste, keine weitere Bedeutung und wird aus diesem Grunde, zumal er nahezu = 0 angenommen werden konnte, des Näheren nicht angegeben.

### XIV. Ableitung der Schwingungszeit aus den Beobachtungen.

Die Dauer einer Schwingung in Uhrzeit wurde nach dem von Bessel angewandten Verfahren berechnet. Die Schwingungsweiten des Pendels sind auf einer Skala gemessen, wovon 80 Theile = 90 mm sind. Bei der Berechnung der Grösse der Schwingungen war zu berücksichtigen, dass die Skala sich nicht in der Schwingungsebene des Pendels, sondern hinter derselben befindet. Es wird am Ende dieses Paragraphen die Reduktionsweise mit Rücksicht auf diesen soeben berichteten Umstand gegeben werden. Bezeichnen wir zunächst

<sup>1)</sup> S. Anhang II.



wie Bessel mit  $\mu$  die Schwingungsweite,<sup>1)</sup> so ist nach der Abhandlung die auf unendlich kleine Bögen reducirte Schwingungszeit  $s = t(1 + a\mu^2)$ , wo  $\log a = 2,54348 - 10$  ist, und  $t$  die Dauer einer Schwingung von der Weite  $\mu$ .

Wenn leichtes Gewicht oben, ist  $t = 1,00470$

„ „ „ unten, „  $t = 1,00494$ .

Demnach wird die Schwingungszeit:

$$1,00470 [1 + a\mu^2] \text{ für leichtes Gewicht oben} \\ \text{und } 1,00494 [1 + a\mu^2] \text{ für leichtes Gewicht unten.}$$

Hiernach ist eine Tafel berechnet, welche mit  $\mu$  als Argument die Schwingungszeit  $s$  giebt.

Es sei ferner:

$M$  die Masse des ganzen Pendels,

$s$  der Abstand des Schwerpunkts vom Aufhängepunkt bei der Temperatur  $T$ ,

$l$  die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes vom Aufhängepunkt bei der Temperatur  $T$ ,

$h$  die Höhe der Schneide,

$\mu$  der Ausdehnungskoeffizient des Messings (nicht zu verwechseln mit obigem  $\mu$ ),

$\sigma$  der Ausdehnungskoeffizient des Stahles

und  $MK^2$  das Trägheitsmoment des Pendels in Bezug auf eine parallel den Schneiden durch den Schwerpunkt gelegte Axe, so ist:

$$l = \frac{Ms^2 + MK^2}{Ms} = \frac{s^2 + K^2}{s}$$

$$K^2 = s(l - s)$$

$$lgl = lg(s^2 + K^2) - lgs$$

$$\frac{dl}{l} = \frac{2sds + 2KdK}{s^2 + K^2} - \frac{ds}{s}$$

$$\frac{sdl}{l} = \frac{2}{l}(sds + KdK) - ds.$$

Bei der Temperatur  $T + \tau$  verändert sich:

$$s \text{ in } s + s\mu\tau + h(\mu - \sigma)\tau$$

$$K \text{ sehr nahe in } K + K\mu\tau$$

also:

$$ds = s\mu\tau + h(\mu - \sigma)\tau$$

$$dK = K\mu\tau$$

$$sdl = 2[s^2\mu\tau + sh(\mu - \sigma)\tau + K^2\mu\tau] - ls\mu\tau - lh(\mu - \sigma)\tau$$

$$l = ls\mu\tau + (2s - l)h(\mu - \sigma)\tau$$

$$dl = l\mu\tau + \left(2 - \frac{l}{s}\right)h(\mu - \sigma)\tau.$$

<sup>1)</sup> Bessel, Seite 27.















So ist:

$$oM : CN = pq : CN, = pP : CP, = (a - h) : a.$$

Daraus folgt:

$$CN = oM \cdot \frac{a}{a - h} = \frac{9}{8} \frac{a a}{a - h} \text{ mm},$$

und wenn  $\angle C'WC = u$  genannt wird, so ist:

$$\tan u = \frac{CN}{CW} = \frac{9}{8} \frac{a a}{(a - h) l}.$$

Es ist  $h = -34 \text{ mm} = 1,34 \text{ engl. Zoll}$  (es ist nämlich die Skala ausserhalb  $CF'$ ).

Nach der Zeichnung ist von der untern Messerschneide des Pendels bis zur Spitze  $C = 493,2 \text{ mm}$ , Entfernung der Messerschneiden  $1000,58 \text{ mm}$ , folglich  $l = 1000,58 + 493,2 = 1493,78 \text{ mm}$ , demnach:

$$\tan u = \frac{9}{8 \cdot 1493,78} \cdot \frac{a}{a - h} \cdot a = \frac{9}{8 \cdot 1493,78} \cdot \frac{a}{a + 1,34} \cdot a,$$

wo  $a$  in englischen Zoll auszudrücken ist.

Ferner ist  $pF' = 204,37$ ,  $CP' = 95,50$ ,  $P'F' = 107,53$ ,  $FF'' = 2,1$ , und die Länge des Teleskopes beträgt  $8,73$ .

Durch Rechnung ergibt sich hieraus  $a = 191$ , sodass

$$\tan u = \frac{9}{8 \cdot 1493,78} \cdot \frac{191}{192,34} \cdot a = 0,0007479 a.$$

## XVII. Die der beobachteten Schwingungszeit entsprechende einfache Länge des Pendels.

Die angenäherte Länge des einfachen Sekundenpendels für den Ort des Pendelapparates sei  $992,87 \text{ mm}$ . Wenn dann die beobachtete Schwingungszeit  $= t$  Sekunden mittlere Zeit ist, so ist die entsprechende Länge des einfachen Pendels  $= 992,87 t^2 + \varepsilon t^2$ . Wenn wir nun mit Bessel zur Bestimmung der Ausdrücke  $m$ ,  $\mu'$ ,  $ms$  und  $\mu' s'$  setzen:

$$M + M' + M'' + \dots = m$$

$$\frac{M}{\delta} + \frac{M'}{\delta'} + \frac{M''}{\delta''} + \dots = \mu'$$

$$MS + M'S' + M''S'' + \dots = ms$$

$$\frac{MS}{\delta} + \frac{M'S'}{\delta'} + \frac{M''S''}{\delta''} + \dots = \mu' s'.$$

Es bedeuten  $M, M', M''$  die Massen der verschiedenen Theile, woraus das Pendel besteht,  $\delta, \delta', \delta''$  die Dichtigkeiten dieser Theile,  $s, s', s''$  die Entfernungen der respektiven Schwerpunkte vom Aufhängepunkte des Pendels, so finden wir, wenn wir die betreffenden Zahlenaudrücke substituieren,



|                                                      | 1. wenn leichtes Gewicht oben                            | 2. wenn leichtes Gewicht unten                           |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| $m$                                                  | = 83776,7                                                | 83776,7                                                  |
| $\mu'$                                               | = 14012,4                                                | 14012,4                                                  |
| $ms$                                                 | = 49709807,0                                             | 34234738,0                                               |
| $\mu's'$                                             | = 7020201,0                                              | 7020201,0                                                |
| Entfernung des Schwerpunktes<br>vom Schwingungspunkt | $\left. \begin{array}{l} ms \\ m \end{array} \right\} =$ | $\left. \begin{array}{l} ms \\ m \end{array} \right\} =$ |
|                                                      | 593,4                                                    | 408,6                                                    |
|                                                      | 593,7                                                    | 408,3                                                    |
| Differenz:                                           | + 0,3                                                    | - 0,3                                                    |

(nach meinen ersten  
Bestimmungen)

### XVIII. Dichtigkeit der Luft.

Die Barometerkorrektur ist gleich + 0,006 engl. Zoll (s. Einleitung); die damit verbesserte Barometerhöhe sei =  $R$ . Diese, auf die Temperatur des schmelzenden Eises reducirt, sei =  $\beta$ ; dann ist nach Bessel<sup>1)</sup> die Dichte der Luft:

$$\Delta = \frac{1}{770,488} \frac{\beta}{29,9218} \frac{1}{1 + (t - 32) 0,002083}.$$

Hiernach ist die folgende Tafel berechnet, die mit  $t$  zum Argument  $\log q$  giebt, sodass  $\Delta = \beta q$ :

| $t$ | $\log q$ |
|-----|----------|
| 50° | 5,62128  |
| 51° | 034      |
| 52° | 5,61951  |
| 53° | 868      |
| 54° | 784      |
| 55° | 690      |
| 56° | 606      |
| 57° | 521      |
| 58° | 437      |
| 59° | 352      |
| 60° | 5,61268  |

<sup>1)</sup> Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels, Berlin 1828, S. 39.



### XIX. Reduktion auf den leeren Raum.

Die Reduktion auf den leeren Raum wurde nach den Bessel'schen Formeln (obige Abhandlung, S. 34) gerechnet. Ist nämlich  $\Delta$  die Dichtigkeit der Luft, so wird, wenn wir die Bezeichnung mit Bessel beibehalten, die Reduktion auf den leeren Raum:

$$\varrho = \frac{\frac{MS}{\delta} + \frac{M'S'}{\delta'} + \frac{M''S''}{\delta''} + \dots}{MS + M'S' + M''S'' + \dots} \Delta (\lambda t^2 + \varepsilon t^2).$$

Substituieren wir hierin die betreffenden Zahlenwerthe, so wird für unser Pendel:

$$\begin{aligned} \varrho &= 0,141225 \Delta (\lambda t^2 + \varepsilon t^2) \dots, \text{ wenn leichtes Gewicht oben} \\ \varrho &= 0,205061 \Delta (\lambda t^2 + \varepsilon t^2) \dots, \text{ wenn leichtes Gewicht unten.} \end{aligned}$$

Bei der Berechnung von  $\varrho$  nimmt man dann  $\log \varrho$  aus der auf Seite 509 angegebenen Tafel und berechnet hiermit  $\Delta$ .

### XX. Ableitung des Werthes von $\varepsilon$ und der Pendellänge für Melbourne.

#### 1. Schweres Gewicht unten.

Die aus den Koincidenzbeobachtungen abgeleitete Zeit einer Pendelschwingung für unendlich kleine Schwingungsbögen sei  $= t$ . Die Länge des einfachen Sekundenpendels sei  $= a + \varepsilon$ , die Länge des einfachen Pendels, welches im leeren Raum die Zeit  $t$  zu einer unendlich kleinen Schwingung gebraucht, sei  $l$ , so ist:

$$l = a t^2 + \varepsilon t^2 \dots \dots \quad (1)$$

Die Massen der verschiedenen Theile, woraus das Pendel besteht, seien  $M, M', M''$  u. s. w. Die Dichtigkeiten dieser Theile  $\delta, \delta', \delta'' \dots$ . Die Entfernungen vom Aufhängungspunkt des Pendels  $S, S', S'' \dots$ . Die Dichtigkeit der Luft  $\Delta$ . Ferner:

$$\begin{aligned} M + M' + M'' + \dots &= m \\ \left( \frac{M}{\delta} + \frac{M'}{\delta'} + \frac{M''}{\delta''} + \dots \right) \Delta &= m' = \mu' \Delta \\ MS + M'S' + M''S'' + \dots &= m s \\ \left( \frac{MS}{\delta} + \frac{M'S'}{\delta'} + \frac{M''S''}{\delta''} + \dots \right) \Delta &= m' s' = \mu' \Delta s', \end{aligned}$$

so ist auch:

$$l = \frac{\Sigma (MS^2) + m' K}{m s - m' s'} \dots \dots \quad (2)$$

Die Entfernung der beiden Schneiden von einander, die durch Messung bestimmt ist, sei  $= \sigma$ ; die Entfernung des Schwingungspunktes vom Aufhängungspunkte sei  $= \sigma + \xi$ , so ist:

$$\sigma + \xi = \frac{\Sigma (MS^2)}{m s}.$$



Wird der hieraus folgende Werth in (2) gesetzt, so erhält man:

$$l = \frac{ms(\sigma + \xi) + m'K}{ms - m's'} = \frac{\sigma + \xi + \frac{\mu' \Delta}{ms} K}{1 - \frac{\mu' s'}{ms} \Delta} = a t^2 + \varepsilon t^2,$$

oder wenn man das Produkt  $\Delta \varepsilon$  vernachlässigt:

$$a t^2 - a t^2 \frac{\mu' s'}{ms} \Delta + t^2 \varepsilon - \sigma - \xi - \frac{\mu'}{ms} \Delta K = 0.$$

$a t^2 \frac{\mu' s'}{ms} \Delta$  ist die Reduktion der Pendellänge auf den leeren Raum; wird diese mit  $\varrho$  bezeichnet, so kommt:

$$a t^2 + \varepsilon t^2 - \varrho - \sigma - \xi - \frac{\mu'}{ms} \Delta K = 0. \quad (3)$$

2. Wenn schweres Gewicht oben, sei

$t_1$  die aus den Coincidenzbeobachtungen abgeleitete Zeit einer Pendelschwingung für unendlich kleine Bogen,

$l_1$  die dieser Zeit entsprechende Länge des einfachen Pendels,

$\varrho_1$  die Reduktion auf den leeren Raum,

$\Delta_1$  die Dichte der Luft.

Ferner sei:

$$M(\sigma - S) + M'(\sigma - S') + M''(\sigma - S'') + \dots = m\sigma - ms = ms',$$

sodass also:

$$s' = \sigma - s$$

und:

$$\frac{M(\sigma - S)}{\delta} + \frac{M'(\sigma - S')}{\delta'} + \frac{M''(\sigma - S'')}{\delta''} + \dots = \mu'\sigma - \mu's$$

$$= \mu'(\sigma - s') = \mu's_1,$$

sodass:

$$s_1 = \sigma - s'$$

dann:

$$\varrho_1 = a t_1^2 \frac{\mu' s_1}{ms_1} \Delta_1.$$

Die Entfernung des Schwingungspunktes vom Aufhängepunkt sei  $\sigma + \xi$ .

Um alsdann die Relation zwischen  $\xi$  und  $\xi_1$  zu bestimmen, hat man die beiden Gleichungen:

$$\sigma + \xi = \frac{\Sigma(MS^2)}{\Sigma(MS)}$$

$$\sigma + \xi_1 = \frac{\Sigma[M(\sigma - S)^2]}{\Sigma[M(\sigma - S)]}.$$



Eliminirt man aus diesen Gleichungen  $\Sigma(M S^2)$ , so erhält man<sup>1)</sup>:

$$\sigma + \xi_1 = \sigma + \frac{m s}{m s_1}; \quad \xi_1 = \frac{m s}{m s_1} \xi.$$

Bildet man also die (3) entsprechende Gleichung und setzt diesen Ausdruck in dieselbe ein, so kommt:

$$a t_1^2 - \varrho_1 + t_1^2 \varepsilon - \sigma - \frac{m s}{m s_1} \xi - \frac{\mu'}{m s_1} A_1 K = 0 \dots \quad (4)$$

Wird sodann (3) mit  $s_1$  und (2) mit  $s'$  multiplicirt, so ergibt sich:

$$(a t^2 - \sigma) s - \varrho \cdot s + t^2 s \cdot \varepsilon - s \cdot \xi - \frac{\mu'}{m} A K = 0 \dots \quad (5)$$

$$(a t_1^2 - \sigma_1) (\sigma - s) - \varrho_1 (\sigma - s) + t_1^2 (\sigma - s) \varepsilon - \sigma \xi - \frac{\mu'}{m} A_1 K = 0 \dots \quad (6)$$

oder:

$$[a t^2 + t^2 \varepsilon - \varrho - \sigma] s - s \xi - \frac{\mu'}{m} A K = 0 \dots \quad (7)$$

$$[a t_1^2 + t_1^2 \varepsilon - \varrho_1 - \sigma_1] (\sigma - s) - s \xi - \frac{\mu'}{m} A' K = 0 \dots \quad (8)$$

Für  $s$ ,  $(\sigma - s)$ ,  $\frac{\mu'}{m}$  die Zahlenwerthe substituirt, erhält man:

*Wenn leichtes Gewicht oben:*

$$[a t^2 + t^2 \varepsilon - \varrho - \sigma] 593,4 - 593,4 \xi - 0,16726 A \cdot K = 0 \dots \quad (9)$$

*Wenn leichtes Gewicht unten:*

$$[a t_1^2 + t_1^2 \varepsilon - \varrho_1 - \sigma_1] 408,6 - 593,4 \xi - 0,16726 A' \cdot K = 0 \dots \quad (10)$$

Indem man nun in diese Gleichungen die Werthe von:

$$a t^2 + t^2 \varepsilon, \varrho, \sigma$$

$$a t_1^2 + t_1^2 \varepsilon, \varrho_1, \sigma_1$$

setzte, wurden die auf nächster Seite folgenden Gleichungen erhalten; zunächst seien jedoch die folgenden Bezeichnungen zum vollen Verständniss noch rekapitulirt, es bedeuten:

$a + \varepsilon$  = die Länge des einfachen Sekundenpendels,

$l$  =  $a t^2 + \varepsilon t^2$ ,

$K$  = ein genäherter Werth für  $p t$ ,

$p$  = das arithmetische Mittel aus der Zahl der Schwingungen,

$t$  = die Dauer einer Schwingung für einen unendlich kleinen Schwingungsbogen,

$\sigma$  = Entfernung der beiden Schneiden, die durch Messung bekannt ist,

$\sigma + \xi$  = Entfernung des Schwingungspunktes vom Aufhängungspunkt,

$l$  = die Länge des einfachen Pendels, welches im leeren Raume die Zeit  $t$  zu einer unendlich kleinen Schwingung gebraucht,

$\varrho$  = Reduktion auf leeren Raum,

$A$  = Dichtigkeit der Luft.

Die Gleichungen für „leichtes Gewicht oben“ und „leichtes Gewicht unten“ sind bereits oben gegeben.

<sup>1)</sup> Der Einfachheit wegen fällt die Entwicklung weg.



# XXI. Tabellarische Zusammenstellung der Elemente der Berechnung für die einzelnen Beobachtungsreihen und Lagen des Pendels.

## A I oben und aussen.

|                | $a t^2$  | $t^2 \varepsilon$        | $593,4 \xi$   | $0,16726 \Delta K$ |
|----------------|----------|--------------------------|---------------|--------------------|
| July 23        | 613,4586 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| Aug. 18        | 601,4114 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| Sept. 6        | 596,8413 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 10           | 570,6738 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 20           | 589,0686 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| Okt. 7         | 581,9475 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 11           | 570,1389 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 14           | 573,5813 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| Mittel für $a$ | 587,1402 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |

## A I oben und innen.

|                |          |                          |               |                  |
|----------------|----------|--------------------------|---------------|------------------|
| Sept. 9        | 559,5175 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 11           | 589,7214 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 21           | 546,8188 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Okt. 7         | 585,5086 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 11           | 560,8240 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 14           | 571,3850 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Mittel für $c$ | 568,9629 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |

## B I oben und aussen.

|                 |          |                          |               |                  |
|-----------------|----------|--------------------------|---------------|------------------|
| Aug. 30         | 603,2157 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Sept. 5         | 583,0714 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 18            | 596,9214 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 27            | 572,5700 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Okt. 4          | 573,3475 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 10            | 576,7800 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 16            | 586,7086 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Mittel für $a'$ | 584,6592 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |

## B I oben und innen.

|                 |          |                          |               |                  |
|-----------------|----------|--------------------------|---------------|------------------|
| Sept. 1         | 606,4429 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 19            | 556,1863 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 26            | 588,0971 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Okt. 6          | 578,0057 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 10            | 584,3375 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 16            | 594,8400 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Mittel für $c'$ | 584,6516 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |

## A II oben und aussen.

|                | $a t^2$  | $t^2 \varepsilon$        | $593,4 \xi$   | $0,16726 \Delta K$ |
|----------------|----------|--------------------------|---------------|--------------------|
| Aug. 29        | 603,1329 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| Sept. 2        | 597,2586 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 4            | 624,8500 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 15           | 573,9800 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 25           | 588,2975 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 30           | 570,7925 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| Okt. 9         | 600,1075 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| " 15           | 590,9086 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |
| Mittel für $b$ | 594,2910 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$   |

## A II oben und innen.

|                |          |                          |               |                  |
|----------------|----------|--------------------------|---------------|------------------|
| Sept. 16       | 576,7263 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 26           | 611,2614 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Okt. 1         | 579,5157 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 9            | 596,5457 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 15           | 581,8300 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Mittel für $d$ | 589,1758 | + 598,8600 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |

## B II oben und aussen.

|                 |          |                          |               |                  |
|-----------------|----------|--------------------------|---------------|------------------|
| Aug. 22         | 592,0200 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Sept. 7         | 584,6650 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 13            | 613,5943 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 22            | 554,1025 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Okt. 8          | 576,0037 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 12            | 572,7750 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 13            | 576,4514 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Mittel für $b'$ | 581,3731 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |

## B II oben und innen.

|                 |          |                          |               |                  |
|-----------------|----------|--------------------------|---------------|------------------|
| Sept. 8         | 580,2513 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 14            | 589,7729 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 23            | 598,2714 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Okt. 8          | 572,6113 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 12            | 570,8538 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| " 13            | 569,3425 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |
| Mittel für $d'$ | 580,1829 | + 412,5218 $\varepsilon$ | - 593,4 $\xi$ | - 0,0002 $K = 0$ |



## XXII. Die Schluss-Gleichungen.

Wenn man aus der vorstehenden Uebersicht über die ausgeführten Koincidenzbeobachtungen eine Zusammenstellung derjenigen Gleichungen giebt, die man erhält durch Substituierung der aus den Beobachtungen sich ergebenden Werthe von  $t$ ,  $t_1$  etc. in die Gleichung (6) und (7), welche zur Bestimmung der Korrekturen  $\varepsilon$  und  $\xi$  dienen, so erhält man, als Mittelwerthe aus den einzelnen Gruppen der Zusammenstellung:

a) durch 8 Versuche, wo A I oben und aussen:

$$587,1402 + 598,8600 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

b) durch 8 Versuche, wo A II oben und aussen:

$$594,2910 + 598,8600 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

c) durch 6 Versuche, wo A I oben und innen:

$$568,9629 + 598,8600 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

d) durch 5 Versuche, wo A II oben und innen:

$$589,1758 + 598,8600 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

$$\text{Mittel: } 584,8925 + 598,8600 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

Ferner:

a') durch 7 Versuche, wo B I oben und aussen:

$$584,6592 + 412,5218 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

b') durch 7 Versuche, wo B II oben und aussen:

$$581,3731 + 412,5218 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

c') durch 6 Versuche, wo B I oben und innen:

$$584,6516 + 412,5218 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

d') durch 5 Versuche, wo B II oben und innen:

$$580,1829 + 412,5218 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

$$\text{Mittel: } 582,7167 + 412,5218 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0.$$

Die beiden Gleichungen sind daher:

$$584,8925 + 598,8600 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0$$

$$582,7167 + 412,5218 \varepsilon - 593,4 \xi - 0,0002 K = 0.$$

Lösen wir diese beiden Gleichungen auf, so erhalten wir für:

$$\varepsilon = -0,01167 \text{ mm}$$

$$\xi = 0,97388 - 0,0000003 K.$$

Danach ergibt sich die aus den Beobachtungen hervorgehende Länge des einfachen Sekundenpendels für Melbourne zu:

$$= a + \varepsilon = 992,87 - 0,01167 = 992,8583 \text{ mm.}$$



### XXIII. Die verschiedenen Vergleichen des Maassstabes (von I—VII).

Der auf der vorhergehenden Seite gegebene Werth bezieht sich auf die Maassvergleichung, die im Jahre 1864 in Melbourne durch Herrn Ellery ausgeführt worden ist und wurde nicht auf das Meeresniveau reducirt. Diese Vergleichung hatte den folgenden Wortlaut:

I. Comparison of „Brass Bar“ of Professor Neumayer with the Standard Yard of Great Britain, obtained from the ordonnance Iron Standard Bar No. 4.

Stand<sup>d</sup> Yard contains 914,384 Millimetres at 62° Fahr.

„ „ „ 914,004 Millimetres of Brass Bar at 58°

Difference — 0,380.

$$\frac{-0,38 \times 1000}{914} = -0,4157 \text{ — Error on metre.}$$

Coefficient of Expansion for 1° Fahr. Iron = 0,00000637

„ „ „ „ „ Brass = 0,00001048

Difference = 0,00000411

62° — 58° = 4 = 4

0,00001644

1000

+ 0,016440000.

1000 millimetres at 58° = m — 0,4157

1000 „ „ 62° = m — 0,3993.

Correction of Brass Metre: at 58° Fahr. = — 0,416 metres

at 62° Fahr. = — 0,399 metres.

Rob. J. Ellery, Astronomer and Superintendent, Geodetic Survey. Mai, 20. 1864.

Eine kritische Prüfung des mit der vorstehenden Maassvergleichung erhaltenen Werthes liess es wünschenswerth erscheinen, die letzteren nach der Rückkehr nach Europa zu wiederholen, und zwar um so mehr, als durch die Einrichtung des internationalen Bureaus für Vergleichung von Maass und Gewicht in Breteul und in Deutschland der Normal-Aichungs-Kommission in Berlin die Hoffnung gegeben schien, einen allgemein gültigen Werth für die Länge des bei den Pendelbeobachtungen benützten Maassstabes erhalten zu können.

Es mögen hier der Reihe nach die authentischen Dokumente für die Maassvergleichung folgen:

II. Die Vergleichung bei der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission in Berlin im August des Jahres 1869 wurde durch den Vorstand, Geheimrath Förster ausgeführt; es ergab dieselbe, mit dem Haupt-Normal-Meter Nr. 1605 ausgeführt, dessen Gleichung damals zu  $1 \text{ m} - 33'' + 17,7'' \cdot t$  (Celsius) angenommen wurde, folgenden Werth:

bei + 19,3° Cels.: P.L. =  $1 \text{ m} + 541''$  } P.L. bedeutet durchweg Maassstab  
bei + 27,0° Cels.: P.L. =  $1 \text{ m} + 681''$  } des Pendels Lohmeier.



III. Die Vergleichung bei der Normal-Aichungs-Kommission in Berlin wurde noch vom December 1869 bis Januar 1870 fortgeführt und ergab, wenn wir die unter II. gegebene Gleichung für Nr. 1605 in mm ausdrücken:

P.L. = 1 m + 0,212 mm +  $17,7^{\mu} \cdot t$ ; da die einzelnen Vergleichungen ergaben:

P.L. — 1605 = + 0,243 mm bei + 8,5° Cels. (am 29. Januar 1870)

P.L. — 1605 = + 0,248 mm bei + 11,2° Cels. (am 8. December 1869)

P.L. — 1605 = + 0,246 mm bei + 16,3° Cels. (am 26. Januar 1870)

P.L. — 1605 = + 0,245 mm bei + 18,5° Cels. (am 26. Januar 1870).

Die Differenz beider Stäbe ist sonach bei den verschiedenen Temperaturen nahezu dieselbe, sodass ihre Ausdehnungskoeffizienten als gleich angenommen wurden zu  $17,7^{\mu}$ .

IV. Die Vergleichung von A. W. Chisholm, Standard Office, Westminster wurde im Mai 1870 ausgeführt und lautet das Ergebniss im Original:

7<sup>th</sup>. Old Palace Yard, Westminster; May 6<sup>th</sup>. 1870.

Sir, No time has been lost in complying with your request to compare your metre with our Standard Metre.

It should be observed there is no legal Standard metre in this department. The Standard Bar upon which our Scientific Standard metre is laid down (designated as *SS*) is of Baily's metal. 1 inch square like our Standard yard, and the measure of a metre, with its various subdivisions, is marked with very fine lines upon gold studs. The coefficient of expansion of this bar has not been itself determined, but it is assumed to be the same as other similar bars of this metal, namely 0,00000947 for 1° Fahrenheit.

The length of the metre on *SS* was laid down from that of the Royal Society (R.S.L.M.). Line Standard metre of platinum, constructed in pursuance of a Resolution of the House of Commons in 1818, and found by M. Arago to be less than the primary Standard metre „des Archives“ by 17,59 thousandth's of a millimetre, or 0,01759 mm.

At the temperature of melting ice, it has been determined that

$$SS = \text{R.S.L.M.} \dots + 0,02083 \text{ mm}$$

$$\therefore SS = \text{mètre des Archives} + 0,00324 \text{ mm.}$$

Your Standard Metre (*N*) has been compared with *SS* by means of our microscopical apparatus, the mean of 12 readings on each of the successive days been taken,

|             |          |       |       |   |                               |                            |
|-------------|----------|-------|-------|---|-------------------------------|----------------------------|
| 1870. May 5 | — mean — | Fahr. | 54,5° | — | $N = SS + 0,18302 \text{ mm}$ | ( <i>SS</i> next observer) |
| " " 6       | "        |       | 54°   | — | $N = SS + 0,18394 \text{ mm}$ | ( <i>N</i> next observer)  |
|             | mean:    |       |       |   | $N = SS + 0,18348 \text{ mm}$ |                            |
|             | and as:  |       |       |   | $SS = + 0,00324 \text{ mm}$   |                            |
|             |          |       |       |   | $N = + 0,18672 \text{ mm.}$   |                            |

No reduction to 32° has been made, the coefficient of expansion of your bronze bar being assumed to be similar to that of Baily's metal. It would follow that your Standard Metre is in excess of the „Mètre des Archives“ 0,18672 mm at the temperature of the melting ice.

I am your obedient servant

A. W. Chisholm.

Warden of the Standard.

To Prof. Dr. Neumayer.



V. Eine weitere Vergleichung wurde im Jahre 1872 im Normal-Aichungs-Amt ausgeführt und zwar von Dr. Baumann; darüber liegt folgendes Certifikat vor:

Beifolgend beehrt sich die Kommission, Ihnen den zur Vergleichung übersandten Meter-Maassstab (Strichmaass von Lohmeier) wieder zu übersenden mit dem ergebensten Bemerken, dass sowohl eine neue Vergleichung der Gesamtlänge des Maasses als eine nochmalige Untersuchung einzelner Millimeter-Intervalle in Folge des uns ausgesprochenen Wunsches stattgefunden hat.

Das Strichmaass von Lohmeier ist von uns mit einem Normal-Strichmaass No. 1605 verglichen worden.

Die Gesamtheit der in gewisse Gruppen zusammengezogenen Vergleichungsergebnisse beider Maasse sind, inclusive des bei 6,6° Celsius letztgewonnenen, ausgedrückt in Tausendtheilen des Millimeters folgende:

|           | 1605 — L. (d. h. P.L.)                       |
|-----------|----------------------------------------------|
| bei 6,6°  | — 244                                        |
| bei 9,7°  | — 246                                        |
| bei 16,3° | — 246                                        |
| bei 18,5° | — 245 . . . . . hiernach ist etwa anzunehmen |
| bei 0°    | — 245.                                       |

Für die Länge des Normals 1605 ist früher die Formel angenommen worden:

$$\text{Meter} - 1605 = + 33 - 17,7 \times t (\text{Celsius}),$$

wonach sich für Lohmeier die Formel ergeben wird:

$$\text{Meter} - \text{Lohmeier} = - 212 - 17,7 \times t (\text{Celsius}).$$

Neuerdings ist die Korrektion des Normals 1605 gegen das Mètre des archives durch eine Reihe anderweitiger Untersuchungen etwas in Frage gestellt worden, und es ist wahrscheinlich gemacht worden, dass Meter—1605 statt + 33 nahezu + 40 Tausendtheile des Millimeter betragen wird; doch dürfte es zunächst noch rathsam sein, an der früheren Annahme festzuhalten.

Von Millimeter-Intervallen sind folgende untersucht worden. Die Werthe derselben können angenommen werden:

| 0—1       | zu gross um 34 Tausendtheile des Millimeter |
|-----------|---------------------------------------------|
| 100—101   | " " 9 "                                     |
| 160—161   | " " 7 "                                     |
| 1000—1001 | " " 20 "                                    |

Zu diesen Messungen ist jedoch zu bemerken, wie auch die Vergleichung mit früheren ähnlichen Messungen, welche bereits Herrn Dr. Peters mitgetheilt worden sind, zeigt, dass die Bestimmung der Millimeter-Intervalle ebenso wie die Bestimmung der Gesamtlänge etwas unsicher bleibt, weil es an einer genügenden Festlegung desjenigen Punktes jedes Maassstriches fehlt, welcher eigentlich maassgebend sein soll, und welcher sonst in der Regel durch 1 oder 2 Längenlinien und deren Durchschnitt mit jedem Striche fixirt zu werden pflegt.

Berlin, den 8. März 1872.

An Herrn Dr. Neumayer.

Kaiserliche Normal-Aichungs-Kommission.

gez. Foerster.



Drücken wir die Formel in der in dieser Abhandlung üblichen Weise aus, so haben wir:

$$P.L. - 1605 = + 0,244 \text{ mm bei } + 6,6^{\circ} \text{ Cels. (am 5. März 1872),}$$

oder unter Annahme gleicher Ausdehnungskoefficienten beider Stäbe:

$$P.L. = 1 \text{ m} + 0,211 \text{ mm} + 17,7'' \times t (\text{Cels.}).$$

VI. Die Vergleichung des Maassstabes bei der Normal-Aichungs-Kommission in Berlin vom Jahre 1880, ausgeführt durch Pensky und J. Baumann, ergab folgendes Resultat:

Es wurden diese Messungen wieder mit dem Hauptnormal 1605 ausgeführt. Die Ablesungen an P.L. bezogen sich auf die Mitte der beiden Striche 0 und 100 centimeter. Als Gleichung von 1605 wurde damals angenommen:

$$1605 = 1 \text{ m} - 60,13 \mu + 18,25 \mu \times t (\text{Cels.}).$$

Es wurden gefunden:

$$(\text{Gewicht 2}) \quad P.L. - 1605 = + 229,32 \text{ bei } + 12,14^{\circ} \text{ Cels. (3. Mai 1880)}$$

$$(\text{Gewicht 1}) \quad P.L. - 1605 = + 230,80 \text{ bei } + 12,32^{\circ} \text{ Cels. (12. Mai 1880)}$$

$$(\text{Gewicht 2}) \quad P.L. - 1605 = + 232,22 \text{ bei } + 25,82^{\circ} \text{ Cels. (4. Mai 1880).}$$

Daraus folgt die Ausdehnung von P.L. zu 18,426 und:

$$P.L. - 1605 = + 227,8 \mu \text{ bei } 0^{\circ} \text{ Cels.}$$

oder:

$$P.L. = 1 \text{ m} + 167,7 \mu + 18,426 \times t (\text{Cels.}).$$

Da noch immer eine völlige Uebereinstimmung der verschiedenen Vergleichungen nicht zu erzielen war, so erschien es mir gegen Ende des Jahres 1895 rathsam, noch einmal eine Vergleichung im Normal-Aichungs-Amt vornehmen zu lassen, und brachte ich demgemäss den Maassstab (P.L.) nochmals zu dieser Kaiserlichen Behörde, wo denn auch durch Herrn Dr. H. Stadthagen die letzte, die siebente Vergleichung ausgeführt worden ist. Von dem damaligen Vorsitzenden des Normal-Aichungsamtes, Herrn Geh. Oberregierungsrath Hopf, liegt mir vom 18. September 1896 ein eingehender Bericht über das Ergebniss dieser Untersuchung vor, von dessen Wiedergabe in extenso hier abgesehen werden mag; vielmehr kann ein Auszug aus diesem Berichte hier genügen.

VII. Vergleichung bei der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission in Berlin vom Jahre 1896.

Diese Vergleichung wurde mit dem schon mehrfach erwähnten H.N. 1605 und mit der Bronze-Kopie des Urmaasses  $B_s$  bei je 4 Temperaturen in der Nähe von  $10^{\circ}$ ,  $16^{\circ}$ ,  $23^{\circ}$  und  $30^{\circ}$  ausgeführt. Die angenommenen Gleichungen der beiden Normalmaassstäbe waren:

$$H.N. 1605 = 1 \text{ m} - 56,9 \mu + 18,71 \mu \cdot T + 0,0042 \mu \cdot T^2$$

und:

$$B_s = 1 \text{ m} + 13,81 \mu + 17,139 \mu \cdot T + 0,00716 \mu \cdot T^2,$$

wo  $T$  die Temperatur in Graden der Internationalen hunderttheiligen Wasserstoffskale bedeutet.



Die Resultate waren folgende:

|              |   |               |               |            |            |            |      |
|--------------|---|---------------|---------------|------------|------------|------------|------|
| P.L. — 1605  | = | + 235,2 $\mu$ | bei           | + 30,85° T | am         | 5. März    | 1896 |
| "            | " | =             | + 230,6 $\mu$ | "          | + 16,32° T | " 12.      | " "  |
| "            | " | =             | + 225,9 $\mu$ | "          | + 9,99° T  | " 2. April | "    |
| "            | " | =             | + 236,7 $\mu$ | "          | + 23,29° T | " 13. Mai  | "    |
| P.L. — $B_s$ | = | + 204,7 $\mu$ | "             | + 30,11° T | " 5. März  | "          | "    |
| "            | " | =             | + 183,0 $\mu$ | "          | + 16,55° T | " 11.      | " "  |
| "            | " | =             | + 167,3 $\mu$ | "          | + 9,16° T  | " 2. April | "    |
| "            | " | =             | + 195,6 $\mu$ | "          | + 23,28° T | " 13. Mai  | "    |

Durch Ausgleichung dieser Zahlen hat sich als endgültige Formel ergeben:

$$(\text{Pendel Lohmeier}) \text{ P.L.} = 1 \text{ m} + 549,7 \mu + 19,30 \mu \times (T - 20).$$

Der wahrscheinliche Fehler der Länge von P.L. bei mittleren Temperaturen ergab sich zu  $\pm 2$  bis  $3 \mu$ , während die Maximalabweichung der beiden Vergleichsreihen mit 1605 und  $B_s$  im Maximum  $5 \mu$  betragen. Dies Resultat ist bei dem vorliegenden Pendelmaassstabe aus verschiedenen Gründen, von denen später noch die Rede sein wird, als ein völlig befriedigendes anzusehen.

Es schien mir, nachdem die Resultate der letzten Vergleichung bekannt gegeben waren, erforderlich, eine zusammenfassende Diskussion über alle Vergleichungen, gewissermaassen den Abschluss dieser sich durch eine lange Reihe von Jahren hinziehenden Untersuchungen bilden zu lassen. Ich betraute damit Herrn Dr. Hans Stadthagen, der die letzte Vergleichung, wie oben erwähnt, durchgeführt hat, und erscheint es mir wichtig, dass der mir von dem genannten Gelehrten im Monat Mai 1897 eingereichte Bericht in extenso hier eine Stelle findet.

#### XXIV. Bericht des Herrn Dr. Stadthagen über das Resultat einer Diskussion sämtlicher Maassstabvergleichungen, welche auf das P.L. eine Beziehung haben.

Um eine Uebersicht über die verschiedenen Ergebnisse der Vergleichungen in ihrem gegenseitigen Verhältniss zu gewinnen wollen wir alle 7 Vergleichungen auf ein- und dieselbe Temperatur, und zwar auf die mittlere Temperatur der Melbournner Pendelbeobachtungen: 58° Fahrenheit, reduciren. Dabei sollen die älteren Berliner Beobachtungen auf den neuesten Werth für das Haupt-Normalmeter Nr. 1605:

$$\text{Nr. 1605} = 1 \text{ m} - 56,9 \mu + 18,71 \mu \cdot T + 0,0042 \mu \cdot T^2,$$

wo  $T$  die Temperatur in Graden der internationalen Temperaturskala bedeutet, umgerechnet werden. Von der Berücksichtigung des Unterschiedes der verschiedenen hunderttheiligen Skalen wurde aber Abstand genommen, da die entsprechenden Aenderungen von höchstens  $1\frac{1}{2} \mu$  gegenüber den Differenzen der 7 Gruppen untereinander nicht in Betracht kommen. Es wurde einfach die Relation:

$$x^\circ \text{ Fahr.} = (x - 32)^\circ \frac{5}{9} \text{ C.}$$

angenommen.



So ergaben sich folgende Werthe:

Länge von Stab.

P.L. bei  $+58^{\circ}$  Fahrh.

|                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. Ellery. 1864.                | 1 m $+ 391 \mu$ |
| 2. Förster. 1869.               | $+ 447 \mu$     |
| 3. Förster. 1869/70.            | $+ 459 \mu$     |
| 4. Chisholm. 1870.              | $+ 437 \mu$     |
| 5. J. Baumann. 1872.            | $+ 458 \mu$     |
| 6. Pensky und J. Baumann. 1880. | $+ 437 \mu$     |
| 7. Stadthagen. 1896.            | $+ 442 \mu$     |

Man sieht sofort, dass der Werth von Ellery ganz herausfällt. Da aber kein Grund ersichtlich ist, der eine so erhebliche Verlängerung des Stabes vom Jahre 1864 auf später von über 0,05 mm verursacht haben könnte, andererseits aber die Angaben Ellery's nicht unmittelbar klar sind, so dürfte wohl dieser Werth zunächst zu vernachlässigen sein.

Will man aber die 6 andern Werthe mitteln, so ist zu bedenken, dass der Werth 5 von Baumann vom Jahre 1872 nur eine einzelne Kontrolbeobachtung für die Ergebnisse der Reihe 3 von Foerster vom Jahre 1869/70 hatte sein sollen, während die übrigen Gruppen 2, 3, 4, 6 und 7 immer aus mehreren Beobachtungen bei verschiedenen Temperaturen sich zusammensetzten. Vereinigt man also 3. und 5. und giebt dem Mittel  $+ 459 \mu$  dasselbe Gewicht wie den Reihen 2., 4., 6. und 7., so ergeben sich folgende Einzelwerthe, Mittelwerthe und Abweichungen vom Mittel:

| Gruppe:  | Länge von Stab                | Abweichungen vom Mittel |
|----------|-------------------------------|-------------------------|
|          | P.L. bei $+58^{\circ}$ Fahrh. |                         |
| 2.       | 1 m $+ 447 \mu$               | $+ 2,6$                 |
| 3. u. 5. | $+ 459 \mu$                   | $+ 14,6$                |
| 4.       | $+ 437 \mu$                   | $- 7,4$                 |
| 6.       | $+ 437 \mu$                   | $- 7,4$                 |
| 7.       | $+ 442 \mu$                   | $- 2,4$                 |
| Mittel:  | 1 m $+ 444,4 \mu$             | $\pm 6,8 \mu$           |

Mit Rücksicht auf den grossen mittleren Fehler ist eine Angabe der Länge des Pendelmaassstabes auf mehr als halbe hundertstel Millimeter nicht angezeigt, sodass zunächst als Endergebniss der obigen Messungsreihen anzunehmen ist:

$$P.L. = 1 \text{ m} + 0,445 \text{ mm bei } +58^{\circ} \text{ Fahrh.}$$

Es erhebt sich nun aber die Frage, ob nicht einer der Werthe im allgemeinen oder im besonderen für die gesuchte Pendelmaassstablänge im Jahre 1864 vorzuziehen ist; ferner welche Korrekturen eventuell noch für diesen Fall anzubringen sind.

Von Wichtigkeit ist aber zunächst die Frage nach den Ursachen der doch recht erheblichen Abweichungen der Gruppenergebnisse.

Nur zum kleinsten Theil dürften sie in den allgemeinen Unvollkommenheiten der angewandten Messungsmethoden zu suchen sein, da die Unsicherheit der Bestimmung der Meterlänge besserer Stäbe erfahrungsmässig etwa nur 1 bis  $2 \mu$  betragen dürfte. Die Un-



sicherheit der Gleichungen der benutzten Normale, beziehungsweise die mögliche Veränderung vom Hauptnormal Nr. 1605, für das ja oben für den ganzen Zeitraum dieselbe Gleichung angenommen war, mit der Zeit wird auch kaum mehr als etwa 2" betragen. Eine sehr bedeutende Unsicherheit liegt aber in den besonderen Mängeln des Pendelmaassstabes selbst.

Erstens sind die Striche (direkt auf Bronze gezogen) sehr schlecht begrenzt, sodass ihre Schärfe nur für eine ungefähr zehnfache Vergrösserung ausreicht. Vor Allem fehlt aber die Fixirung der Messstelle durch eine oder zwei Längslinien, wodurch erst die Messung an gleichen Stellen seitens der verschiedenen Beobachter, also die volle Vergleichbarkeit der Resultate gewährleistet worden wäre, im Falle die Striche nicht überall gleich scharf begrenzt, gleich dick und untereinander ganz parallel sind. Ferner zeigt der Stab eine Krümmung mit einer Pfeilhöhe von etwa 0,5 mm in dem Sinne, dass die Theilfläche konvex ist. Da der Stab nicht in der neutralen Schicht, sondern an der Oberfläche getheilt ist, so ist natürlich die Art der Unterlage, der Auflagerung oder der Befestigung mit Schrauben von ganz erheblicher Wirkung. Nimmt man z. B. an, dass die erwähnte Krümmung stetig die Theilfläche und Unterfläche also cylinderförmig ist, so beträgt die Verkürzung bei Auflagerung auf einen ebenen Tisch, wenn sich der Stab durch sein Eigengewicht dieser Ebene völlig anschliessen würde, 0,02 mm.

Wie die Verhältnisse nach dieser Richtung hin bei den verschiedenen Gleichungen gelegen haben, lässt sich natürlich nicht feststellen, vielweniger aber noch, wie weit sie dem Zustande beim Gebrauche des Maassstabes bei den Melbournner Pendelmessungen entsprechen haben, wo der Stab mittelst zweier Schrauben, die in 2 Löchern in seiner Unter- bzw. Hinterfläche eingreifen, an ein Gestell eingeschraubt war.<sup>1)</sup> . . . . .

Was die äusseren Verhältnisse anlangt, in denen der Stab sich befand, vornehmlich die Temperaturverhältnisse, die ja unter Umständen auch erhebliche thermische Nachwirkungen hervorrufen können, so waren dieselben bei dem Gebrauch des Stabes 1863 und 1864 und bei der letzten Messung nahezu die gleichen. Der Stab war nämlich vor den Melbournner Pendelbeobachtungen auf der Seereise wochenlang einer Temperatur von rund 25° Celsius mit Schwankungen von etwa 10° ausgesetzt gewesen.<sup>2)</sup> Unter ganz entsprechenden Temperaturverhältnissen hat der Pendelmaassstab vor den Messungen im Jahre 1896 im Komparatorsaal der Normal-Aichungs-Kommission gelegen. Der Werth vom Jahre 1896 weicht aber nur so wenig vom oben abgeleiteten Werthe ab:

1896 P.L. — 1 m = + 0,442 (Mittelwerth: P.L. — 1 m = + 0,444 ein Unterschied von 2  $\mu$ )  
sodass auf ein halb hundertstel mm abgerundet wohl am besten dieser Werth als End-  
ergebniss anzusehen ist.

Den Pendelbeobachtungen ist also der Werth:

$$\text{P.L.} = 1000,445 \text{ bei } 58^{\circ} \text{ Fahr.}$$

zu Grunde zu legen.

<sup>1)</sup> Diese Annahme des Berichterstatters ist eine irrige, da die beiden erwähnten Löcher nach den Erklärungen von Peters (in den Astronomischen Nachrichten) erst nachträglich angebracht wurden und mit den Messungen in Melbourne gar nichts zu thun hatten. S. die betreffenden Ausführungen dieses Aufsatzes.

<sup>2)</sup> Doch wohl eine etwas willkürliche Annahme.



**XXV. Die an die Pendellänge, wie sie ursprünglich abgeleitet worden war, anzubringende Korrektur ist also:**

$$+ \frac{0,054 \cdot 992,8583}{1000} = + 0,0536.$$

Es wird demnach die reducierte Länge des einfachen Sekunden-Pendels in Melbourne:

$$\lambda = 992,912 \text{ mm.}$$

Gezeichnet: Dr. Hans Stadthagen. Mai 1897.

Obgleich nun dieser letzte Werth viel befriedigender als der vorher gegebene war, konnte ich mich doch nicht dabei beruhigen, dass die Melbournner Vergleichung bei der Ableitung des angeführten Werthes, wegen ihrer allzugrossen Abweichung von dem Mittel, ganz ausser Acht gelassen werden musste. Es war mir diess um so weniger befriedigend, als diese Vergleichung von der im Jahre 1870 von Chisholm ausgeführten nicht unwesentlich differierte.

**XXVI. Ersuchen um ein Gutachten seitens des Herrn Geheimrath Helmer.**

In diesem Dilemma wandte ich mich im Frühjahr des Jahres 1899 an meinen verehrten Freund, Herrn Geh. Regierungsrath Dr. Helmer, mit der Bitte, das vorliegende Material gütigst einer Durchsicht zu unterwerfen und mir sein Urtheil so bald als möglich darüber zukommen zu lassen.

Nach einigen Rücksprachen und Korrespondenzen ging mir unter dem 20. März 1899 folgende Mittheilung von Dr. Helmer zu.

„ . . . . Eben finde ich, dass in der Diskussion der älteren Maassstabvergleichen, welche die Normal-Aichungs-Kommission giebt, infolge eines Berichtes vom 18. September 1896, eine Lücke ist. Ellery setzt nämlich 1 yard = 0,914384 m. Dies ist natürlich die alte Annahme, ehe Clarke seine berühmten Comparisons<sup>1)</sup> gemacht hatte. Nach diesen wird 1 yard um 8  $\mu$  grösser ( $t' = 0,30479727$ ). Ausserdem verlangt aber der Uebergang zum internationalen Meter eine weitere Vergrösserung etwa um 12  $\mu$ , macht zusammen 20  $\mu$  pro 1 yard und 22  $\mu$  pro 1 m (Vgl. z. B. „Die europäische Längengradmessung in 52° Breite“, 1. Heft, Seite 231 bis 240).

Hiermit aber gelangt man also dazu, dass nach Ellery 1864 Maassstab = 1 m + 0,438 mm bei 52° Fahr. war, während die neueste Gleichung Maassstab = 1 m + 0,443 m giebt, so dass der Stab um 5  $\mu$  zu kurz erscheint, genau in Uebereinstimmung mit Chisholm 1870.“

<sup>1)</sup> Comparisons of the Standards of Lengths of England, France, Belgium, Prussia, Russia, India, Australia made at the ordonnance Survey Office, by Captain A. W. Clarke. F. R. S. under the direction of Colonel Sir Henry James. R. E., F. R. S. Vol. I. London 1866.



## XXVII. Das End-Ergebniss.

Ich habe an einer andern Stelle<sup>1)</sup> auf diese Mittheilung Helmert's und deren Folgen hingewiesen und gezeigt, wie sich die Hereinbeziehung des korrekten Werthes für Melbourne auf die Ableitung eines endlichen Mittelwerthes aus allen Vergleichen äussert. Es ist nämlich:

| Gruppe    | Länge vom Stab<br>P.L. bei + 58° Fahr. |
|-----------|----------------------------------------|
| 1.        | 1 m + 438 $\mu$                        |
| 2.        | + 447 $\mu$                            |
| 3. und 5. | + 459 $\mu$                            |
| 4.        | + 437 $\mu$                            |
| 6.        | + 437 $\mu$                            |
| 7.        | + 442 $\mu$                            |
|           | <hr/> Mittel: + 443,3 $\mu$            |

Zieht man dagegen ohne Rücksicht auf die obige Gruppeneintheilung aus sämtlichen Vergleichen einen Mittelwerth, so ergibt sich: + 445  $\mu$ , welcher Werth den Pendelbeobachtungen zu Grunde gelegt wird.

Es lässt sich nicht verkennen, dass noch immer eine gewisse, in sehr engen Grenzen sich bewegende Unsicherheit übrig bleibt, namentlich da das Gleiten der Messerschneiden auf den Achat-Blättchen gegenwärtig noch nicht berücksichtigt werden kann und auch die Biegung des Pendels selbst in seinem Einfluss auf das Endresultat nicht ermittelt ist.

Da die Amplituden der Schwingungen für eine jede der Koinzidenzen bestimmt und reduzirt ist, so wird es vielleicht später noch einmal möglich sein, die an das Resultat anzubringende Korrektur, welche positiv ist (d. h. das Gleiten verursacht, dass der erhaltene Werth zu klein wird), zu ermitteln und in Rechnung zu bringen. Bis auf weiteres nehmen wir den Werth für Montpellier-Terrace

$$\begin{aligned} \text{für } \lambda &= 0,9929020 \text{ m und} \\ \text{für } g &= 9,79955 \text{ m.} \end{aligned}$$

Werden diese Werthe auf das Meeres-Niveau reduciert, so haben wir für:

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,9929120 \text{ m} \\ g &= 9,79965 \text{ m.} \end{aligned}$$

Dieser Werth stimmt mit dem aus den Helmert'schen Feststellungen sich ergebenden überein.

## XXVIII. Das Pendel Lohmeier auch als Relativ-Pendel.

Diese eingehenden Untersuchungen über die Vergleichung des bei den Pendelbeobachtungen benützten Maassstabes und die gefolgerte Grösse des Werthes von  $g$  für Melbourne gewinnen um deswillen eine besondere Bedeutung, weil der von mir benützte Maassstab, sowie das Pendel und der Komparator in der Folge auch von Peters dem Jüngeren zu

<sup>1)</sup> Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, September 1900, in einem Aufsatz, betitelt: „Nachtrag zur Geschichte der Pendelbeobachtung“.



Schwerkraftsbestimmungen in Altona, Berlin und Königsberg benützt wurde, wodurch die Ergebnisse an den genannten Stationen, einschliesslich Melbourne, strenge vergleichbar werden. Es schreibt mir Helmert:

„Reducirt man alle  $\lambda$  oder  $g$  auf die letzte in Berlin ausgeführte Maassvergleichung (die ja im wesentlichen mit dem Endresultate übereinstimmt), so folgt:

|                |             |                   |
|----------------|-------------|-------------------|
| Melbourne      | 0,9929120 m | $g = 9,79965$ m   |
| Altona (A)     | 0,9943043 m | $g = 9,81339$ m   |
| Berlin (B)     | 0,9941754 m | $g = 9,81212$ m   |
| Königsberg (K) | 0,9944077 m | $g = 9,81441$ m.“ |

Helmert bemerkt weiter: „Damit werden gegen meine Formel die Störungen bezw. in A, B und K gleich  $-14$ ,  $-49$  und  $-14$  in Einheiten der 5. Stelle. Nach Sterneck sind sie in Hamburg und Berlin  $+46$  und  $+43$ ; schliesst man ferner Königsberg mittelst der Fadenpendelmessungen von Bessel und Peters an Sterneck's Werth für Berlin an, so folgt die Störung in Königsberg gleich  $+38$ . Es stehen sich also gegenüber:

| Lohmeier | Wiener System | Differenz |
|----------|---------------|-----------|
| $-14$    | $+46$         | $+60$     |
| $-49$    | $+43$         | $+92$     |
| $-14$    | $+38$         | $+52$     |
|          | Mittel:       | $+68$ .   |

Vermehrt man alle  $g$  oben um  $+0,00068$ , so wird die Störung für Melbourne gleich  $+84$ . Dagegen geben die Oesterreich-ungarischen Marinemessungen  $+65$  und  $+59$ , also im Mittel<sup>1)</sup>  $+62$ . Mithin ist Melbourne relativ vielleicht etwas zu gross, was ja auch damit stimmt, dass die Normal-Aichungs-Kommission annimmt, der Maassstab sei seit 1864 um einige hundertstel Millimeter länger geworden (durch Biegung wohl).

Absolut genommen ist aber Melbourne mit  $g = 9,79965$  m etwas (etwa 46) zu klein, denn die Störung ist damit  $+0,00016$  gegen  $+62$  der beiden Oesterreich-ungarischen Bestimmungen. Inwieweit diese richtig sind, trotz ihrer Uebereinstimmung, ist schwer zu sagen. Aber die beiden betreffenden Beobachter<sup>2)</sup> verdienen doch Vertrauen. Auch sind ja absolute Bestimmungen mit einem Pendel meist zu klein!

NB. Da das Wiener System etwa 0,00031 mehr giebt als Bessel in Berlin, so erscheint absolut Ihre Melbourners Bestimmung gegen Bessel, Berlin, nur um 0,00015 m zu klein. Wie man es auch ansieht, kann ich nur rathen, Ihre Melbourners Beobachtungen zu publiciren, natürlich einschliesslich des Dokumentes der Maassvergleichen.“

<sup>1)</sup> Proceedings of the Royal Society of Victoria. Vol. VI (New series), issued January 1894, Seite 175, wo die Beobachtungen des Kais. Königl. Oesterreich-Ungarischen Marine-Leutnants Elblein angeführt sind.

<sup>2)</sup> 1893. Die Herren Müller und von Elblein nach Mittheilungen des Oberst von Sterneck vom 22. December 1897.



## Anhang.

I. Es werden in diesem Anhang zunächst die sämtlichen Originalbeobachtungen zum Abdrucke gebracht, um einem Jeden, der sich für die Sache interessiert, ein Urtheil über die Genauigkeit der Beobachtungen zu gestatten.

Die Tabellen sind an und für sich verständlich; zu bemerken ist nur, dass die angeschriebenen Barometer- und Temperatur-Ablesungen sich auf die davorstehenden mittleren Ortszeiten beziehen. Die mit fetterem Druck gegebenen Zahlen bedeuten die auf Minuten reducierten wirklichen Schwingungsweiten.

### Versuch 1a. 1863. Juli 23.

|                          |            | 3h 0m                                       | Barom. | 29,755 inches          | Therm.          | am Barom. | 57,0° |
|--------------------------|------------|---------------------------------------------|--------|------------------------|-----------------|-----------|-------|
|                          |            | 7 0                                         | "      | 29,752 "               | "               | "         | 58,6  |
| Mittel der Beobachtungen |            | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00467754 |                 | Fehler    |       |
| 0                        | 6h 56' 30" | <b>57 2</b>                                 | 22,25  | 57,00                  | 6h 56' 29" 9992 | — 0,0008  |       |
| 426                      | 7 3 38     | <b>53 3</b>                                 | 20,75  | 49                     | 7 3 37 9990     | — 0,0010  |       |
| 852                      | 7 10 46    | <b>50 1</b>                                 | 19,48  | 59                     | 7 10 45 9974    | — 0,0026  |       |
| 1279                     | 7 17 55    | <b>45 3</b>                                 | 17,63  | 69                     | 7 17 54 9993    | — 0,0007  |       |
| 1706                     | 7 25 4     | <b>41 4</b>                                 | 16,10  | 79                     | 7 25 4 0002     | + 0,0002  |       |
| 2133                     | 7 23 13    | <b>38 3</b>                                 | 14,90  | 89                     | 7 23 13 0002    | + 0,0002  |       |
| ...                      | ...        | ...                                         | ...    | 57,99                  | ...             | ...       | ...   |
| 2987                     | 7 46 31    | <b>33 1</b>                                 | 12,88  | 58,09                  | 7 46 31 0076    | + 0,0076  |       |
| 3414                     | 7 53 40    | <b>30 8</b>                                 | 11,98  | 19                     | 7 53 40 0056    | + 0,0056  |       |
| 3840,5                   | 8 0 48,5   | <b>28 0</b>                                 | 10,90  | 58,30                  | 8 0 48 4914     | — 0,0086  |       |

### Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.    | E.    | Gemessene Länge                | 1000,6081mm |
|--------|--------------------|-------|-------|--------------------------------|-------------|
| Anfang | 37,0 R             | 56,5° | —     | Korr. für 55° 75               | + 0,3653    |
| Ende   | 38,1               | 58,8  | 57,7° | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9734   |
| Mittel | 37,55              | 57,65 | 57,7  |                                |             |

Beobachtete Schwingungszeit = 1" 00467754 U. Z. = 1" 00467754 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1801mm + 1,0094mm  $\varepsilon$

Reduktion auf den leeren Raum — 0,1729 — 0,0002

Entfernung der Messerschneiden 1000,9734

1,0338mm + 1,0092mm  $\varepsilon$



## Versuch 2a. 1863. August 18.

3h 0' Barom. 29,824 inches Therm. am Barom. 54,3  
 8 30 " 29,873 " " 55,7

| Mittel der Beobachtungen |            |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00464962 | Fehler   |
|--------------------------|------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 47' 42" | 75' 1 | 29,20                                       | 55,05 | 6h 47' 41" 9981        | — 0,0019 |
| 427,5                    | 6 54 51 5  | 68 1  | 26,50                                       | 19    | 6 54 51 4978           | — 0,0022 |
| 856,5                    | 7 2 2 5    | 57 7  | 22,45                                       | 34    | 7 2 2 5030             | + 0,0030 |
| 1284,5                   | 7 9 12 5   | 57 2  | 22,25                                       | 32    | 7 9 12 5020            | + 0,0020 |
| 1713,0                   | 7 16 23 0  | 52 7  | 20,48                                       | 30    | 7 16 23 0020           | + 0,0020 |
| 2141,0                   | 7 23 33 0  | 48 2  | 18,73                                       | 28    | 7 23 32 9986           | — 0,0014 |
| 2569,5                   | 7 30 43 5  | 43 9  | 17,08                                       | 25    | 7 30 43 4964           | — 0,0036 |
| 2999,5                   | 7 37 55 5  | 40 8  | 15,88                                       | 33    | 7 37 55 5007           | + 0,0007 |
| 3429,5                   | 7 45 7 5   | 37 1  | 14,43                                       | 42    | 7 45 7 5025            | + 0,0025 |
| 3858,5                   | 7 52 18 5  | 34 2  | 13,33                                       | 50    | 7 52 18 5011           | + 0,0011 |
| 4287,5                   | 7 59 29 5  | 32 5  | 12,63                                       | 69    | 7 59 29 4997           | — 0,0003 |
| 4716,5                   | 8 6 40 5   | 29 4  | 11,45                                       | 55,67 | 8 6 40 4981            | — 0,0019 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.                | E.                | Gemessene Länge                | 1000,5825 mm |
|--------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 36,65 R            | 54,0 <sup>0</sup> | 53,9 <sup>0</sup> | Korr. für 54 <sup>0</sup> 95   | + 0,3585     |
| Ende   | 35,30              | 55,9              | 56,0              | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9410    |
| Mittel | 35,98              | 54,95             | 54,95             |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1" 00464962 U. Z. = 1" 00464962 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1247 mm + 1,0094 mm  $\epsilon$

Reduktion auf den leeren Raum — 0,1702 — 0,0002

Entfernung der Messerschneiden 1000,9410

1,0135 mm + 1,0092 mm  $\epsilon$

## Versuch 1b'. 1863. August 22.

3h 0' Barom. 29,973 inches Therm. am Barom. 54,6  
 8 30 " 30,036 " " 57,0

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00492691 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 54' 50" 5 | 58' 9 | 22,90                                       | 56,07 | 6h 54' 50" 5035        | + 0,0035 |
| 405                      | 7 1 37 5     | 51 9  | 20,18                                       | 15    | 7 1 37 0006            | + 0,0006 |
| 811                      | 7 8 25 5     | 48 1  | 18,70                                       | 22    | 7 8 25 5015            | + 0,0015 |
| 1216,5                   | 7 15 13 0    | 40 6  | 15,80                                       | 30    | 7 15 12 9999           | — 0,0001 |
| 1622,0                   | 7 22 0 5     | 36 9  | 14,35                                       | 37    | 7 22 0 4965            | — 0,0035 |
| 2028,0                   | 7 28 48 5    | 33 4  | 13,00                                       | 45    | 7 28 48 4952           | — 0,0048 |
| 2434,5                   | 7 35 37 0    | 29 9  | 11,65                                       | 60    | 7 35 36 9961           | — 0,0039 |
| 2842,0                   | 7 42 26 5    | 26 7  | 10,38                                       | 76    | 7 42 26 5018           | + 0,0018 |
| 3248                     | 7 49 14 5    | 24 2  | 9,40                                        | 56,91 | 7 49 14 5000           | + 0,0000 |
| 3655                     | 7 57 3 5     | 21 2  | 8,25                                        | 57,07 | 7 57 3 5032            | + 0,0032 |
| 4061                     | 8 2 51 5     | 20 0  | 7,78                                        | 57,22 | 8 2 51 5016            | + 0,0016 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.                | E.                | Gemessene Länge                | 1000,5761 mm |
|--------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 35,31 R            | 58,0 <sup>0</sup> | 59,8 <sup>0</sup> | Korr. für 58 <sup>0</sup> 68   | + 0,3978     |
| Ende   | 35,85              | 58,6              | 58,3              | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9739    |
| Mitte  | 35,58              | 58,3              | 59,05             |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492691 U. Z. = 1,00492691 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6777 mm + 1,0099 mm  $\epsilon$

Reduktion auf den leeren Raum — 0,2549 — 0,0003

Entfernung der Messerschneiden 1000,9739

1,4489 + 1,0096 mm  $\epsilon$



## Versuch 1b. 1863. August 29.

3h 0' Barom. 29,513 inches Therm. am Barom. 55,0  
 8 23 " 29,050 " " 55,2

|        | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00467646 | Fehler                   |
|--------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0      | 6h 48' 24" 5             | 77' 3                                       | 30,08 54,20            | 6h 48' 24" 4993 — 0,0007 |
| 424    | 6 55 30 5                | 71 6                                        | 27,85 38               | 6 55 30 4889 — 0,0111    |
| 853    | 7 2 41 5                 | 64 4                                        | 25,05 58               | 7 2 41 5006 + 0,0006     |
| 1280   | 7 9 50 5                 | 59 7                                        | 23,23 76               | 7 9 50 5013 + 0,0013     |
| 1708   | 7 17 0 5                 | 53 8                                        | 20,95 54,95            | 7 17 0 5059 + 0,0059     |
| 2136   | 7 24 10 5                | 50 1                                        | 19,50 55,14            | 7 24 10 5095 + 0,0095    |
| 2562   | 7 31 18 5                | 45 5                                        | 17,68 14               | 7 31 18 5030 + 0,0030    |
| 2909,5 | 7 38 28 0                | 41 8                                        | 16,25 15               | 7 38 28 0028 + 0,0028    |
| 3417,0 | 7 45 37 5                | 38 9                                        | 15,15 15               | 7 45 37 5019 + 0,0019    |
| 3843   | 7 52 45 5                | 35 7                                        | 13,88 15               | 7 52 45 4935 — 0,0065    |
| 4271   | 7 59 55 5                | 31 6                                        | 12,28 22               | 7 59 55 4939 — 0,0061    |
| 4698   | 8 7 4 5                  | 29 7                                        | 11,55 30               | 8 7 4 4893 — 0,0107      |
| 5129   | 8 14 17 5                | 27 5                                        | 10,70 37               | 8 14 17 5048 + 0,0048    |
| 5557   | 8 21 27 5                | 26 2                                        | 10,20 55,44            | 8 21 27 5048 + 0,0048    |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube D. | E.                | Gemessene Länge                | 1000,6120 mm |
|--------|-----------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 38,2 R                | 56,6 <sup>0</sup> | Korr. für 56,75 <sup>0</sup>   | + 0,3783     |
| Ende   | 37,4                  | 57,0              | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9903    |
| Mitte  | 37,8                  | 56,8              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467646 U. Z. = 1,00467646 M. Z.

|                                           |              |               |
|-------------------------------------------|--------------|---------------|
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels | 1002,1778 mm | + 1,0094 mm ε |
| Reduktion auf den leeren Raum             | — 0,1711     | — 0,0002 ε    |
| Entfernung der Messerschneiden            | 1000,9903    |               |
|                                           | 1,0164 mm    | + 1,0092 mm ε |

## Versuch 1a'. 1863. August 30.

3h 0m Barom. 30,015 inches Therm. am Barom. 53,5  
 8 34 " 30,094 " " 55,4

|      | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00493071 | Fehler                   |
|------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0    | 7h 14' 22" 5             | 53' 7                                       | 20,90 54,17            | 7h 14' 22" 4976 — 0,0024 |
| 406  | 7 21 10 5                | 47 2                                        | 18,38 30               | 7 21 10 5005 + 0,0005    |
| 812  | 7 27 58 5                | 42 4                                        | 16,50 44               | 7 27 58 5025 + 0,0025    |
| 1217 | 7 34 45 5                | 37 6                                        | 14,63 57               | 7 34 45 4990 — 0,0010    |
| 1623 | 7 41 33 5                | 33 2                                        | 12,93 70               | 7 41 33 5000 + 0,0000    |
| 2029 | 7 48 21 5                | 29 3                                        | 11,40 84               | 7 48 21 5005 + 0,0005    |
| 2435 | 7 55 9 5                 | 27 6                                        | 10,75 54,97            | 7 55 9 5010 + 0,0010     |
| 2841 | 8 1 58 5                 | 24 8                                        | 9,63 55,10             | 8 1 58 5017 + 0,0017     |
| 3246 | 8 8 45 5                 | 23 3                                        | 9,08 55,22             | 8 8 45 4972 — 0,0028     |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube D. | E.                | Gemessene Länge                | 1000,5787 mm |
|--------|-----------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 35,6 R                | 56,0 <sup>0</sup> | Korr. für 56,43 <sup>0</sup>   | + 0,3747     |
| Ende   | 35,88                 | 57,0              | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9534    |
| Mittel | 35,74                 | 56,5              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00493071 U. Z. = 1,00493071 M. Z.

|                                           |              |               |
|-------------------------------------------|--------------|---------------|
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels | 1002,6852 mm | + 1,0099 mm ε |
| Reduktion auf den leeren Raum             | — 0,2555     | — 0,0003      |
| Entfernung der Messerschneiden            | 1000,9534    |               |
|                                           | 1,4763 mm    | + 1,0096 mm ε |



## Versuch 1c'. 1863. September 1.

3h 0m Barom. 29,776 inches Therm. am Barom. 54,9  
8 29 " 29,856 " " 56,6

|        | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00493621 | Fehler                   |
|--------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0      | 6h 49' 43" 5             | 70' 7                                       | 27,50 55,37            | 6h 49' 43" 4946 — 0,0004 |
| 405    | 6 56 30 5                | 61 5                                        | 23,93 50               | 6 56 30 5041 + 0,0041    |
| 808    | 7 3 15 5                 | 53 9                                        | 20,98 63               | 7 3 15 4966 — 0,0034     |
| 1213   | 7 10 2 5                 | 48 9                                        | 19,03 36               | 7 10 2 4978 — 0,0022     |
| 1617,5 | 7 16 49 0                | 44 7                                        | 17,38 55,89            | 7 16 48 9959 — 0,0041    |
| 2024   | 7 23 37 5                | 38 8                                        | 15,10 56,03            | 7 23 37 5031 + 0,0031    |
| 2429   | 7 30 24 5                | 34 7                                        | 13,50 16               | 7 30 24 5024 + 0,0024    |
| 2834   | 7 37 11 5                | 30 5                                        | 11,88 24               | 7 37 11 5013 + 0,0013    |
| 3239,5 | 7 43 59 0                | 27 8                                        | 10,83 31               | 7 43 59 0024 + 0,0024    |
| 3644   | 7 50 45 5                | 25 1                                        | 9,78 39                | 7 50 45 4983 — 0,0017    |
| 4050   | 7 57 33 5                | 22 3                                        | 8,68 46                | 7 57 33 5015 + 0,0015    |
| 4454,5 | 8 4 20 0                 | 20 8                                        | 8,08 56,54             | 8 4 19 9972 — 0,0028     |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube D. | E.                | Gemessene Länge   | 1000,5639 mm                             |
|--------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Anfang | 34,73 R               | 56,5 <sup>0</sup> | 58,3 <sup>0</sup> | Korr. für 56,92 <sup>0</sup> + 0,3801    |
| Ende   | 34,93                 | 56,5              | 56,4              | Entfernung der Messerschneiden 1000,9440 |
| Mittel | 34,83                 | 56,5              | 57,35             |                                          |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00493621 U. Z. = 1,00492851 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6810 mm + 1,0099 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum — 0,2528 — 0,0003 ε

Entfernung der Messerschneiden 1000,9440

1,4842 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 2b. 1863. September 2.

6h 4m Barom. 29,846 inches Therm. am Barom. 54,2  
" 29,887 " " 56,6

|        | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00467283 | Fehler                   |
|--------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0      | 6h 41' 57" 0             | 72' 1                                       | 28,05 55,17            | 6h 41' 57" 0016 + 0,0016 |
| 427    | 6 49 6 0                 | 65 0                                        | 25,28 33               | 1 49 6 0050 + 0,0050     |
| 852,5  | 6 56 13 5                | 60 0                                        | 23,33 49               | 1 56 13 4998 — 0,0002    |
| 1278,5 | 7 3 21 5                 | 54 2                                        | 21,10 65               | 7 3 21 4960 — 0,0040     |
| 1706,5 | 7 10 31 5                | 50 8                                        | 19,75 82               | 7 10 31 5007 + 0,0007    |
| 2132,5 | 7 17 39 5                | 46 0                                        | 17,90 55,98            | 7 17 39 4954 — 0,0046    |
| 2560,5 | 7 24 49 5                | 42 2                                        | 16,40 56,15            | 7 24 49 4989 — 0,0011    |
| 2987,5 | 7 31 58 5                | 39 2                                        | 15,25 22               | 7 31 58 4974 — 0,0026    |
| 3415,5 | 7 39 8 5                 | 36 2                                        | 14,10 48               | 7 39 8 5004 + 0,0004     |
| 3843,5 | 7 46 18 5                | 33 2                                        | 12,93 35               | 7 46 18 5030 + 0,0030    |
| 4270,5 | 7 53 27 5                | 30 7                                        | 11,93 31               | 7 53 27 5003 + 0,0003    |
| 4698,5 | 8 0 37 5                 | 28 4                                        | 11,03 56,28            | 8 0 37 5019 + 0,0019     |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube D. | E.                | Gemessene Länge   | 1000,6178 mm                             |
|--------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Anfang | 38,63 R               | 55,8 <sup>0</sup> | 55,9 <sup>0</sup> | Korr. für 56,2 <sup>0</sup> 0,3722       |
| Ende   | 37,68                 | 57,2              | 55,9              | Entfernung der Messerschneiden 1000,9900 |
| Mittel | 38,16                 | 56,5              | 55,9              |                                          |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467283 U. Z. = 1,00467690 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1709 mm + 1,0094 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum — 0,1744 — 0,0002

Entfernung der Messerschneiden 1000,9900

1,0065 mm + 1,0092 mm ε



## Versuch 3b. 1863. September 4.

5h 50' Barom. 30,225 inches Therm. am Barom. 52,8  
 8 50 " 30,274 " " 55,0

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00466629 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 47' 31" 0 | 66' 7 | 25,95                                       | 54,08 | 6h 47' 31" 0049        | + 0,0049 |
| 427,5                    | 6 54 40 0    | 62 1  | 24,18                                       | 11    | 6 54 40 0032           | + 0,0032 |
| 853,5                    | 7 1 48 5     | 56 5  | 22,00                                       | 14    | 7 1 48 4976            | - 0,0024 |
| 1281,5                   | 7 8 58 5     | 51 7  | 20,12                                       | 17    | 7 8 58 4979            | - 0,0021 |
| 1709,0                   | 7 16 8 0     | 47 5  | 18,48                                       | 19    | 7 16 7 9948            | - 0,0052 |
| 2138,5                   | 7 23 19 5    | 43 5  | 16,93                                       | 20    | 7 23 19 5003           | + 0,0003 |
| 2567,5                   | 7 30 30 5    | 40 3  | 15,68                                       | 22    | 7 30 30 5027           | + 0,0027 |
| 2995,5                   | 7 37 40 5    | 37 3  | 14,50                                       | 34    | 7 37 40 5000           | + 0,0000 |
| 3423,5                   | 7 44 50 5    | 34 6  | 13,45                                       | 46    | 7 44 50 4974           | - 0,0030 |
| 3852,5                   | 7 52 1 5     | 32 1  | 12,50                                       | 58    | 7 52 1 4987            | - 0,0013 |
| 4280,5                   | 7 59 11 5    | 29 0  | 11,28                                       | 70    | 7 59 11 4954           | - 0,0046 |
| 4710,5                   | 8 6 23 5     | 27 1  | 10,53                                       | 73    | 8 6 23 5015            | + 0,0015 |
| 5139,5                   | 8 13 34 5    | 24 5  | 9,53                                        | 76    | 8 13 34 5025           | + 0,0025 |
| 5568,5                   | 8 20 45 5    | 23 5  | 9,13                                        | 54,77 | 8 20 45 5035           | + 0,0035 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |         |       | E.    | Gemessene Länge                | 1000,5601 mm |
|-----------------------|---------|-------|-------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 33,48 R | 56,00 | 55,00 | Korr. für 56,20 <sup>0</sup>   | + 0,3722     |
| Ende                  | 35,70   | 56,5  | 57,3  | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9323    |
| Mittel                | 34,59   | 56,25 | 56,15 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00466629 U. Z. = 1,00466866 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1626 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1773 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1000,9323  
 1,0530 mm + 1,0072 mm ε

## Versuch 2a'. 1863. September 5.

6h 45m Barom. 30,217 inches Therm. am Barom. 53,0  
 8 50 " 30,216 " " 55,25

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00493130 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 7h 19' 51" 5 | 59' 5 | 23,15                                       | 54,27 | 7h 19' 51" 5012        | + 0,0012 |
| 404                      | 26 37 5      | 52 3  | 20,33                                       | 40    | 26 37 4984             | - 0,0016 |
| 809                      | 33 24 5      | 46 3  | 18,03                                       | 52    | 33 24 4993             | - 0,0007 |
| 1214                     | 40 11 5      | 41 8  | 16,25                                       | 65    | 40 11 4994             | - 0,0006 |
| 1619                     | 46 58 5      | 37 2  | 14,48                                       | 73    | 46 58 4989             | - 0,0011 |
| 2025                     | 7 53 46 5    | 33 4  | 13,00                                       | 81    | 7 53 46 5028           | + 0,0028 |
| 2430                     | 8 0 33 5     | 30 2  | 11,73                                       | 90    | 8 0 33 5015            | + 0,0015 |
| 2835                     | 7 20 5       | 26 9  | 10,48                                       | 54,98 | 7 20 4998              | - 0,0002 |
| 3241                     | 14 8 5       | 24 3  | 9,45                                        | 55,06 | 14 8 5030              | + 0,0030 |
| 3645                     | 8 20 54 5    | 22 0  | 8,55                                        | 55,14 | 8 20 54 4962           | - 0,0038 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |         |       | E.    | Gemessene Länge                | 1000,6098 mm |
|-----------------------|---------|-------|-------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 37,63 R | 55,00 | 54,60 | Korr. für 55,21 <sup>0</sup>   | + 0,3613     |
| Ende                  | 37,70   | 55,7  | 55,55 | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9711    |
| Mittel                | 37,67   | 55,35 | 55,02 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00493130 U. Z. = 1,00491564 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6552 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2571 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1000,9711  
 1,4270 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 3a. 1863. September 6.

|      |             |                          |        |                                             |                  |                        |        |  |
|------|-------------|--------------------------|--------|---------------------------------------------|------------------|------------------------|--------|--|
|      |             | 6h 30m                   | Barom. | 29,972 inches                               | Therm. am Barom. | 52,7                   |        |  |
|      |             | 9 15                     | "      | 29,967 "                                    | "                | 55,0                   |        |  |
|      |             | Mittel der Beobachtungen |        | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                  | Rechnung<br>1,00465888 | Fehler |  |
| 0    | 7h 8' 32" 5 | 76' 1                    | 29,60  | 54,12                                       | 7h 8' 32" 5055   | + 0,0055               |        |  |
| 427  | 15 41 5     | 64 6                     | 25,13  | 16                                          | 15 41 5020       | + 0,0020               |        |  |
| 855  | 22 51 5     | 63 9                     | 24,85  | 20                                          | 22 51 5012       | + 0,0012               |        |  |
| 1283 | 30 1 5      | 58 0                     | 22,55  | 25                                          | 30 1 4997        | - 0,0003               |        |  |
| 1711 | 37 11 5     | 52 5                     | 20,43  | 29                                          | 37 11 4968       | - 0,0032               |        |  |
| 2140 | 44 22 5     | 49 5                     | 19,25  | 33                                          | 44 22 4975       | - 0,0025               |        |  |
| 2568 | 51 32 5     | 44 8                     | 17,43  | 39                                          | 51 32 4929       | - 0,0071               |        |  |
| 2998 | 58 44 5     | 44 7                     | 17,38  | 44                                          | 58 44 4973       | - 0,0027               |        |  |
| 3427 | 8 5 55 5    | 38 1                     | 14,83  | 50                                          | 8 5 55 4964      | - 0,0036               |        |  |
| 3858 | 13 8 5      | 35 3                     | 13,73  | 55                                          | 13 8 5043        | + 0,0043               |        |  |
| 4287 | 20 19 5     | 32 6                     | 12,70  | 61                                          | 20 19 5023       | + 0,0023               |        |  |
| 4716 | 27 30 5     | 29 8                     | 11,60  | 66                                          | 27 30 5002       | + 0,0002               |        |  |
| 5146 | 34 42 5     | 27 6                     | 10,73  | 68                                          | 34 42 5024       | + 0,0024               |        |  |
| 5575 | 41 53 5     | 25 4                     | 9,88   | 71                                          | 41 53 4997       | - 0,0003               |        |  |
| 6005 | 8 49 5 5    | 23 7                     | 9,23   | 54,73                                       | 8 49 5 5015      | + 0,0015               |        |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         |                       |        |                                |              |
|--------|---------|-----------------------|--------|--------------------------------|--------------|
|        |         | Mikrometerschraube D. | E.     | Gemessene Länge                | 1000,6024 mm |
| Anfang | 37,38 R | 54,50                 | 54,250 | Korr. für 55,250               | + 0,3618     |
| Ende   | 37,03   | 56,2                  | 56,05  | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9642    |
| Mittel | 37,21   | 55,35                 | 55,15  |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00465888 U. Z. = 1,00466008 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1456 mm + 1,0094 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum - 0,1756 - 0,0002

Entfernung der Messerschneiden 1000,9642

1,0058 mm + 1,0092 mm ε

## Versuch 2b'. 1863. September 7.

|        |             |                          |        |                                             |                  |                        |        |  |
|--------|-------------|--------------------------|--------|---------------------------------------------|------------------|------------------------|--------|--|
|        |             | 6h 5m                    | Barom. | 29,742 inches                               | Therm. am Barom. | 53,0                   |        |  |
|        |             | 8 10                     | "      | 29,776 "                                    | "                | 55,1                   |        |  |
|        |             | Mittel der Beobachtungen |        | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                  | Rechnung<br>1,00491954 | Fehler |  |
| 0      | 6h 43' 3" 0 | 64' 6                    | 25,13  | 54,04                                       | 6h 43' 3" 0017   | + 0,0017               |        |  |
| 405,5  | 49 50 5     | 57 1                     | 22,20  | 09                                          | 49 50 4995       | - 0,0005               |        |  |
| 811,5  | 56 38 5     | 51 5                     | 20,03  | 13                                          | 56 38 4983       | - 0,0017               |        |  |
| 1218,5 | 7 3 27 5    | 46 3                     | 18,03  | 18                                          | 7 3 27 5008      | + 0,0008               |        |  |
| 1625,5 | 10 16 5     | 40 4                     | 15,70  | 26                                          | 10 16 5024       | + 0,0024               |        |  |
| 2031,5 | 17 4 5      | 36 4                     | 14,15  | 33                                          | 17 4 4984        | - 0,0016               |        |  |
| 2438,5 | 23 53 5     | 32 3                     | 12,58  | 41                                          | 23 53 4988       | - 0,0012               |        |  |
| 2845,5 | 30 42 5     | 28 9                     | 11,25  | 48                                          | 30 42 4988       | - 0,0012               |        |  |
| 3252,5 | 37 31 5     | 26 0                     | 10,13  | 59                                          | 37 31 4986       | - 0,0014               |        |  |
| 3660,5 | 44 21 5     | 23 5                     | 9,15   | 54,69                                       | 7 44 21 5032     | + 0,0032               |        |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         |                       |       |                                |              |
|--------|---------|-----------------------|-------|--------------------------------|--------------|
|        |         | Mikrometerschraube D. | E.    | Gemessene Länge                | 1000,6139 mm |
| Anfang | 37,28 R | 54,70                 | 54,30 | Korr. für 55,510               | + 0,3646     |
| Ende   | 38,55   | 56,7                  | 56,35 | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9785    |
| Mittel | 37,87   | 55,7                  | 55,33 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00491954 U. Z. = 1,00491937 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6626 mm + 1,0099 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum - 0,2532 - 0,0003

Entfernung der Messerschneiden 1000,9785

1,4309 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 1d'. 1863. September 8.

|                          |              | 5h 50m                                      | Barom. | 29,566 inches | Therm.                 | am Barom. | 53,4     |
|--------------------------|--------------|---------------------------------------------|--------|---------------|------------------------|-----------|----------|
|                          |              | 8 20                                        | "      | 29,607        | "                      | "         | 55,5     |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        |               | Rechnung<br>1,00491525 |           | Fehler   |
| 0                        | 6h 25' 40" 0 | 68' 7                                       | 26,73  | 55,01         | 6h 25' 40" 0049        |           | + 0,0049 |
| 404,5                    | 32 26 5      | 61 4                                        | 23,88  | 54,89         | 32 26 4998             |           | - 0,0002 |
| 810,5                    | 39 14 5      | 54 1                                        | 21,03  | 78            | 39 14 5000             |           | + 0,0000 |
| 1216,5                   | 46 2 5       | 48 4                                        | 18,83  | 66            | 46 2 4984              |           | - 0,0016 |
| 1622,5                   | 52 50 5      | 43 1                                        | 16,75  | 67            | 52 50 4955             |           | - 0,0045 |
| 2030,5                   | 59 40 5      | 38 1                                        | 14,83  | 68            | 59 40 5016             |           | + 0,0016 |
| 2437,5                   | 7 6 29 5     | 34 0                                        | 13,23  | 69            | 7 6 29 5020            |           | + 0,0020 |
| 2844,0                   | 13 18 0      | 30 8                                        | 11,98  | 70            | 13 17 9994             |           | - 0,0006 |
| 3250,5                   | 20 6 5       | 28 0                                        | 10,90  | 71            | 20 6 4964              |           | - 0,0036 |
| 3658,0                   | 26 56 0      | 25 1                                        | 9,75   | 73            | 26 55 9980             |           | - 0,0020 |
| 4065,5                   | 33 45 5      | 23 0                                        | 8,95   | 75            | 33 45 4994             |           | - 0,0006 |
| 4473,5                   | 40 35 5      | 20 5                                        | 8,00   | 77            | 40 35 5032             |           | + 0,0032 |
| 4879,5                   | 47 23 5      | 18 1                                        | 7,05   | 80            | 47 23 4968             |           | - 0,0032 |
| 5288,5                   | 7 54 14 5    | 16 5                                        | 6,43   | 54,82         | 54 14 5051             |           | + 0,0051 |

Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube D. | E.     | Gemessene Länge                | 1000,6018 mm |
|--------|---------|-----------------------|--------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 37,55 R | 55,80                 | 55,850 | Korr. für 55,940               | + 0,3803     |
| Ende   | 36,78   | 56,15                 | 55,95  | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9821    |
| Mittel | 37,17   | 55,98                 | 55,90  |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00491525 U. Z. = 1,00491503 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6538 mm + 1,0099 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum - 0,2516 - 0,0003

Entfernung der Messerschneiden 1000,9821

1,4201 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 1c. 1863. September 9.

|                          |              | 3h 0m                                       | Barom. | 29,992 inches | Therm.                 | am Barom. | 52,85    |
|--------------------------|--------------|---------------------------------------------|--------|---------------|------------------------|-----------|----------|
|                          |              | 8 45                                        | "      | 30,084        | "                      | "         | 55,25    |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        |               | Rechnung<br>1,00464956 |           | Fehler   |
| 0                        | 6h 44' 11" 5 | 63' 4                                       | 24,68  | 53,59         | 6h 44' 11" 5073        |           | + 0,0073 |
| 428,5                    | 51 22 0      | 56 5                                        | 21,98  | 78            | 51 22 5037             |           | + 0,0037 |
| 857                      | 58 32 5      | 52 1                                        | 20,25  | 98            | 58 32 4992             |           | - 0,0008 |
| 1286                     | 7 5 43 5     | 47 4                                        | 18,45  | 54,17         | 7 5 43 4961            |           | - 0,0039 |
| 1717                     | 12 56 5      | 43 3                                        | 16,85  | 18            | 12 56 5020             |           | + 0,0020 |
| 2146                     | 20 7 5       | 39 9                                        | 15,53  | 19            | 20 7 4975              |           | - 0,0025 |
| 2576                     | 27 19 5      | 37 2                                        | 14,48  | 20            | 27 19 4973             |           | - 0,0027 |
| 3006                     | 34 31 5      | 34 0                                        | 13,23  | 21            | 34 31 4965             |           | - 0,0035 |
| 3434,5                   | 41 42 0      | 31 6                                        | 12,30  | 31            | 41 41 9884             |           | - 0,0116 |
| 3867                     | 48 56 5      | 29 8                                        | 11,60  | 41            | 48 56 5014             |           | + 0,0014 |
| 4297                     | 56 38 5      | 26 7                                        | 10,40  | 49            | 56 38 5002             |           | + 0,0002 |
| 4727,5                   | 8 3 21 0     | 25 3                                        | 9,85   | 56            | 8 3 21 5012            |           | + 0,0012 |
| 5158                     | 10 33 5      | 23 5                                        | 9,13   | 64            | 10 33 5021             |           | + 0,0021 |
| 5588,5                   | 17 46 0      | 21 2                                        | 8,25   | 71            | 17 46 0030             |           | + 0,0030 |
| 6019                     | 8 24 58 5    | 20 1                                        | 7,83   | 54,79         | 8 24 58 5038           |           | + 0,0038 |

Messung der Länge des Pendels.

|        |        | Mikrometerschraube D. | E.     | Gemessene Länge                | 1000,6111 mm |
|--------|--------|-----------------------|--------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 37,5 R | 53,950                | 53,850 | Korr. für 55,560               | + 0,3652     |
| Ende   | 37,98  | 57,43                 | 57,0   | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9763    |
| Mittel | 37,74  | 55,69                 | 55,43  |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00464956 U. Z. = 1,00461133 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,0952 mm + 1,0094 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum - 0,1760 - 0,0002

Entfernung der Messerschneiden 1000,9763

0,9429 mm + 1,0092 mm ε



## Versuch 4a. 1863. September 10.

|                          |              | 6h 0m                                       | Barom. | 30,220 inches          | Therm. am       | Barom.   | 53,95 |
|--------------------------|--------------|---------------------------------------------|--------|------------------------|-----------------|----------|-------|
|                          |              | 9 2                                         | "      | 30,328                 | "               | "        | 56,1  |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00466059 |                 | Fehler   |       |
| 0                        | 6h 52' 13" 5 | 49' 1                                       | 19,10  | 54,93                  | 6h 52' 13" 4934 | — 0,0066 |       |
| 855                      | 7 6 32 5     | 42 4                                        | 16,48  | 55,15                  | 7 6 32 5015     | + 0,0015 |       |
| 1284                     | 13 43 5      | 38 7                                        | 15,05  | 25                     | 13 43 5035      | + 0,0035 |       |
| 1712                     | 20 53 5      | 36 0                                        | 14,00  | 36                     | 20 53 5005      | + 0,0005 |       |
| 2141                     | 28 4 5       | 33 4                                        | 13,00  | 40                     | 28 4 5018       | + 0,0018 |       |
| 2570                     | 35 15 5      | 30 7                                        | 11,95  | 45                     | 35 15 5029      | + 0,0029 |       |
| 2998                     | 42 25 5      | 28 3                                        | 11,00  | 49                     | 42 25 4991      | — 0,0009 |       |
| 3427                     | 49 36 5      | 26 0                                        | 10,13  | 51                     | 49 36 4997      | — 0,0003 |       |
| 3856                     | 56 47 5      | 24 4                                        | 9,50   | 54                     | 56 47 5001      | + 0,0001 |       |
| 4285                     | 8 3 58 5     | 22 7                                        | 8,83   | 56                     | 8 3 58 5003     | + 0,0003 |       |
| 4713                     | 11 8 5       | 20 6                                        | 8,03   | 58                     | 11 8 4957       | — 0,0043 |       |
| 5143                     | 18 20 5      | 19 5                                        | 7,60   | 61                     | 18 20 5004      | + 0,0004 |       |
| 5572                     | 25 31 5      | 17 7                                        | 6,90   | 65                     | 25 31 5004      | + 0,0004 |       |
| 6001                     | 32 42 5      | 16 4                                        | 6,35   | 55,68                  | 32 42 5003      | + 0,0003 |       |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |        | Mikrometerschraube | D.    | E.                             | Gemessene Länge | 1000,6532 mm |
|--------|--------|--------------------|-------|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Anfang | 40,0 R | 54,20              | 54,00 | Korr. für 54,640               | + 0,3550        |              |
| Ende   | 40,68  | 55,28              | 55,08 | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0082       |              |
| Mittel | 40,34  | 54,74              | 54,54 |                                |                 |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00466059 U. Z. = 1,00466092 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1469 mm + 1,0094 mm s

Reduktion auf den leeren Raum — 0,1770 — 0,0002

Entfernung der Messerschneiden 1001,0082

0,9617 mm + 1,0092 mm s

## Versuch 2c. 1863. September 11.

|                          |             | 6h 0m                                       | Barom. | 30,617 inches          | Therm. am       | Barom.   | 53,0 |
|--------------------------|-------------|---------------------------------------------|--------|------------------------|-----------------|----------|------|
|                          |             | 8 42                                        | "      | 30,671                 | "               | "        | 55,8 |
| Mittel der Beobachtungen |             | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00466204 |                 | Fehler   |      |
| 0                        | 6 38' 43" 5 | 60' 4                                       | 23,48  | 54,48                  | 6h 38' 43" 4999 | — 0,0001 |      |
| 428                      | 45 53 5     | 54 8                                        | 21,33  | 56                     | 45 53 5005      | + 0,0005 |      |
| 355                      | 53 2 5      | 51 0                                        | 19,85  | 64                     | 53 2 4951       | — 0,0049 |      |
| 1285                     | 7 0 14 5    | 46 3                                        | 18,00  | 72                     | 7 0 14 5031     | + 0,0031 |      |
| 1713                     | 7 24 5      | 42 3                                        | 16,45  | 80                     | 7 24 5009       | + 0,0009 |      |
| 2142                     | 14 35 5     | 39 2                                        | 15,25  | 88                     | 14 35 5029      | + 0,0029 |      |
| 2570                     | 21 45 5     | 36 0                                        | 14,00  | 94                     | 21 45 4999      | — 0,0001 |      |
| 2999                     | 28 56 5     | 33 5                                        | 13,03  | 55,03                  | 28 56 5012      | + 0,0012 |      |
| 3427                     | 36 6 5      | 30 6                                        | 11,90  | 11                     | 36 6 4975       | — 0,0025 |      |
| 3856                     | 43 17 5     | 28 4                                        | 11,03  | 19                     | 43 15 4985      | — 0,0015 |      |
| 4285                     | 50 28 5     | 26 0                                        | 10,13  | 22                     | 50 28 4991      | — 0,0009 |      |
| 4714                     | 57 39 5     | 24 9                                        | 9,68   | 24                     | 57 39 4997      | — 0,0003 |      |
| 5143                     | 8 4 50 5    | 22 6                                        | 8,80   | 27                     | 8 4 50 5002     | + 0,0002 |      |
| 5572                     | 12 1 5      | 20 8                                        | 8,10   | 29                     | 12 1 5004       | + 0,0004 |      |
| 6001                     | 19 12 5     | 18 8                                        | 7,33   | 32                     | 19 12 5005      | + 0,0005 |      |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube | D.    | E.                             | Gemessene Länge | 1000,6212 mm |
|--------|---------|--------------------|-------|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Anfang | 37,75 R | 54,60              | 55,40 | Korr. für 55,66                | + 0,3663        |              |
| Ende   | 38,98   | 56,3               | 56,35 | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9875       |              |
| Mittel | 38,37   | 55,45              | 55,88 |                                |                 |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00466204 U. Z. = 1,00466790 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1607 mm + 1,0094 mm s

Reduktion auf den leeren Raum — 0,1794 — 0,0002

Entfernung der Messerschneiden 1000,9875

0,9938 mm + 1,0092 mm s



## Versuch 3b'. 1863. September 13.

9h 0m Barom. 30,492 inches Therm. am Barom. 52,85  
 11 42 " 29,417 " " 55,20

| Mittel der Beobachtungen |             |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00491773 | Fehler   |
|--------------------------|-------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 9h 53' 5" 0 | 71' 2 | 27,70                                       | 53,53 | 9h 53' 5" 0030         | + 0,0030 |
| 405                      | 59 52 0     | 62 5  | 24,33                                       | 54    | 59 52 0021             | + 0,0021 |
| 810,5                    | 10 6 39 5   | 54 9  | 21,35                                       | 55    | 10 6 39 5015           | + 0,0015 |
| 1216                     | 13 17 0     | 49 4  | 19,23                                       | 55    | 13 16 9993             | - 0,0007 |
| 1621,5                   | 20 14 5     | 43 1  | 16,75                                       | 56    | 20 14 4959             | - 0,0040 |
| 2029,5                   | 27 4 5      | 38 3  | 14,88                                       | 57    | 27 4 5037              | + 0,0037 |
| 2434,5                   | 33 51 5     | 35 0  | 13,63                                       | 66    | 33 51 4963             | - 0,0037 |
| 2841,5                   | 40 40 5     | 31 1  | 12,08                                       | 75    | 40 40 4983             | - 0,0017 |
| 3247,5                   | 47 28 5     | 27 6  | 10,75                                       | 84    | 47 28 4951             | - 0,0049 |
| 3654,5                   | 54 17 5     | 25 3  | 9,85                                        | 89    | 54 17 4966             | - 0,0034 |
| 4061,5                   | 11 1 6 5    | 22 8  | 8,88                                        | 93    | 11 1 6 4980            | - 0,0020 |
| 4468,5                   | 7 55 5      | 20 6  | 8,00                                        | 53,99 | 7 55 4991              | - 0,0009 |
| 5282,5                   | 21 33 5     | 16 3  | 6,35                                        | 54,08 | 21 33 5104             | + 0,0104 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |       |                    | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,5546 mm |
|-----------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 34,4R | 53,75 <sup>0</sup> | 53,65 <sup>0</sup> | Korr. für 53,93 <sup>0</sup>   | + 0,3472     |
| Ende                  | 34,1  | 54,28              | 54,03              | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9018    |
| Mittel                | 34,25 | 53,97              | 53,84              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00491773 U. Z. = 1,00491731 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6584 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2549 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1000,9018  
 1,5017 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 2d'. 1863. September 14.

6h 0m Barom. 29,886 inches Therm. am Barom. 55,15  
 8 17 " 29,883 " " 57,35

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00491573 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 49' 32" 0 | 45' 2 | 17,58                                       | 56,13 | 6h 49' 32" 9912        | - 0,0088 |
| 407,5                    | 56 22 5      | 40 4  | 15,70                                       | 24    | 56 22 4965             | - 0,0035 |
| 1625,5                   | 7 16 46 5    | 28 9  | 11,23                                       | 57    | 7 16 46 5074           | + 0,0074 |
| 2032,5                   | 23 35 5      | 26 1  | 10,15                                       | 68    | 23 35 5087             | + 0,0087 |
| 2438,5                   | 30 23 5      | 23 5  | 9,13                                        | 71    | 30 23 5051             | + 0,0051 |
| 2844,5                   | 37 11 5      | 21 3  | 8,30                                        | 75    | 37 11 5012             | + 0,0012 |
| 3250,5                   | 43 59 5      | 18 8  | 7,30                                        | 78    | 43 59 4971             | - 0,0029 |
| 3656,5                   | 50 47 5      | 17 0  | 6,60                                        | 56,61 | 50 47 4931             | - 0,0069 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |        |                    | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,5801 mm |
|-----------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 35,83R | 56,25 <sup>0</sup> | 56,10 <sup>0</sup> | Korr. für 57,08 <sup>0</sup>   | + 0,3818     |
| Ende                  | 35,83  | 58,05              | 57,90              | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9619    |
| Mittel                | 35,83  | 57,15              | 57,00              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00491573 U. Z. = 1,00491732 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6584 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2531 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1000,9619  
 1,4434 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 4b. 1863. September 15.

|        |              | 3h 0m                    | Barom. | 29,741 inches                            | Therm. am Barom. | 55,3                   |        |  |
|--------|--------------|--------------------------|--------|------------------------------------------|------------------|------------------------|--------|--|
|        |              | 8 40                     | "      | 29,765 "                                 | "                | 56,0                   |        |  |
|        |              | Mittel der Beobachtungen |        | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |                  | Rechnung<br>1,00466779 | Fehler |  |
| 0      | 6h 38' 11" 0 | 70' 7                    | 27,50  | 55,32                                    | 6h 38' 10" 9877  | — 0,0023               |        |  |
| 430,5  | 45 23 5      | 64 8                     | 25,20  | 41                                       | 45 23 5040       | + 0,0040               |        |  |
| 858    | 52 33 0      | 59 4                     | 23,10  | 49                                       | 52 33 0048       | + 0,0048               |        |  |
| 1285   | 7 6 52 0     | 50 7                     | 19,73  | 58                                       | 7 6 52 0014      | + 0,0014               |        |  |
| 1713   | 14 2 0       | 45 5                     | 17,68  | 66                                       | 14 2 0014        | + 0,0014               |        |  |
| 2141,5 | 21 12 5      | 42 2                     | 16,43  | 68                                       | 21 12 5029       | + 0,0029               |        |  |
| 2569,5 | 28 22 5      | 39 2                     | 15,25  | 71                                       | 28 22 5017       | + 0,0017               |        |  |
| 2997,5 | 35 32 5      | 36 5                     | 14,18  | 73                                       | 35 32 5000       | + 0,0000               |        |  |
| 3426,5 | 42 43 5      | 33 4                     | 13,00  | 75                                       | 42 43 5024       | + 0,0024               |        |  |
| 3854,5 | 49 53 5      | 30 9                     | 12,00  | 76                                       | 49 53 4997       | — 0,0003               |        |  |
| 4282,5 | 57 3 5       | 28 1                     | 10,95  | 77                                       | 57 3 4967        | — 0,0033               |        |  |
| 4711,5 | 8 4 14 5     | 26 0                     | 10,10  | 77                                       | 8 4 14 4980      | — 0,0020               |        |  |
| 5140,5 | 11 25 5      | 24 9                     | 9,70   | 78                                       | 11 25 4991       | — 0,0009               |        |  |
| 5569,5 | 18 36 5      | 22 9                     | 8,90   | 69                                       | 18 36 5000       | + 0,0000               |        |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube D. | E.     | Gemessene Länge                | 1000,6426 mm |
|--------|---------|-----------------------|--------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 40,48 R | 55,70                 | 55,870 | Korr. für 56,480               | + 0,3753     |
| Ende   | 38,90   | 57,23                 | 57,10  | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0179    |
| Mittel | 39,69   | 56,47                 | 56,49  |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00466779 U. Z. = 1,00467011 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1672 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum — 0,1736 — 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0179  
 0,9759 mm + 1,0092 mm ε

## Versuch 1d. 1863. September 16.

|        |             | 6h 10m                   | Barom. | 30,074 inches                            | Therm. am Barom. | 53,3                   |        |  |
|--------|-------------|--------------------------|--------|------------------------------------------|------------------|------------------------|--------|--|
|        |             | 8 43                     | "      | 30,112 "                                 | "                | 56,15                  |        |  |
|        |             | Mittel der Beobachtungen |        | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |                  | Rechnung<br>1,00465413 | Fehler |  |
| 0      | 6 47' 31" 5 | 56' 8                    | 22,10  | 54,16                                    | 6h 47' 31" 4992  | — 0,0008               |        |  |
| 428    | 54 41 5     | 53 2                     | 20,70  | 28                                       | 54 41 4960       | — 0,0040               |        |  |
| 858,5  | 7 1 54 0    | 49 0                     | 19,05  | 39                                       | 7 1 54 0038      | + 0,0038               |        |  |
| 1287   | 9 4 5       | 44 2                     | 17,20  | 51                                       | 9 4 5015         | + 0,0015               |        |  |
| 1717   | 16 6 5      | 41 0                     | 15,95  | 62                                       | 16 6 5057        | + 0,0057               |        |  |
| 2145,5 | 23 27 0     | 37 4                     | 14,53  | 74                                       | 23 27 0024       | + 0,0024               |        |  |
| 2575   | 30 38 5     | 35 0                     | 13,60  | 82                                       | 30 38 4955       | — 0,0045               |        |  |
| 3004,5 | 37 50 0     | 32 4                     | 12,60  | 90                                       | 37 49 9964       | — 0,0036               |        |  |
| 3434   | 45 1 5      | 29 6                     | 11,50  | 97                                       | 45 1 4970        | — 0,0030               |        |  |
| 3864   | 52 13 5     | 27 1                     | 10,55  | 55,05                                    | 52 13 4998       | — 0,0002               |        |  |
| 4293   | 59 24 5     | 25 3                     | 9,83   | 12                                       | 59 24 4978       | — 0,0022               |        |  |
| 4723   | 8 6 36 5    | 23 5                     | 9,15   | 18                                       | 8 6 36 5004      | + 0,0004               |        |  |
| 5153   | 13 48 5     | 21 9                     | 8,50   | 25                                       | 13 48 5031       | + 0,0031               |        |  |
| 5582   | 20 59 5     | 20 1                     | 7,83   | 55,31                                    | 20 59 5010       | + 0,0010               |        |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube D. | E.     | Gemessene Länge                | 1000,5997 mm |
|--------|---------|-----------------------|--------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 36,65 R | 54,470                | 54,400 | Korr. für 55,420               | + 0,3633     |
| Ende   | 37,43   | 56,25                 | 56,55  | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9630    |
| Mittel | 39,04   | 55,36                 | 55,47  |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00465413 U. Z. = 1,00464274 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1109 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum — 0,1760 — 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1000,9630  
 0,9719 mm + 1,0092 mm ε



## Versuch 3a'. 1863. September 18.

|                          |              | 5h 50m                                   | Barom. | 30,206 inches          | Therm.          | am Barom. | 55,1  |  |  |
|--------------------------|--------------|------------------------------------------|--------|------------------------|-----------------|-----------|-------|--|--|
|                          |              | 8 28                                     | "      | 30,228                 | "               | "         | 57,65 |  |  |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00492788 |                 | Fehler    |       |  |  |
| 0                        | 6h 27' 38" 5 | 67 5                                     | 26,25  | 56,15                  | 6h 27' 38" 4975 | — 0,0025  |       |  |  |
| 405                      | 34 25 5      | 58 6                                     | 22,80  | 28                     | 34 25 5000      | ± 0,0000  |       |  |  |
| 809                      | 41 11 5      | 52 4                                     | 20,38  | 41                     | 41 11 4959      | — 0,0041  |       |  |  |
| 1215                     | 47 59 5      | 46 6                                     | 18,13  | 53                     | 47 59 5006      | + 0,0006  |       |  |  |
| 1620                     | 54 46 5      | 41 3                                     | 16,08  | 66                     | 54 46 4994      | — 0,0006  |       |  |  |
| 2026                     | 7 1 34 5     | 37 4                                     | 14,55  | 79                     | 7 1 37 5026     | + 0,0026  |       |  |  |
| 2431                     | 8 21 5       | 33 1                                     | 12,88  | 80                     | 8 21 5005       | + 0,0005  |       |  |  |
| 2837                     | 15 9 5       | 29 7                                     | 11,55  | 82                     | 15 9 5026       | + 0,0026  |       |  |  |
| 3242                     | 21 56 5      | 26 9                                     | 10,45  | 83                     | 21 56 4995      | — 0,0005  |       |  |  |
| 3649                     | 28 45 5      | 24 0                                     | 9,35   | 84                     | 28 45 5060      | + 0,0060  |       |  |  |
| 4054                     | 35 32 5      | 21 4                                     | 8,33   | 92                     | 35 32 5023      | + 0,0023  |       |  |  |
| 4460                     | 42 20 5      | 19 5                                     | 7,60   | 99                     | 42 20 5025      | + 0,0025  |       |  |  |
| 4865                     | 49 7 5       | 17 2                                     | 6,70   | 57,07                  | 49 7 4988       | — 0,0012  |       |  |  |
| 5270                     | 55 54 5      | 15 2                                     | 5,90   | 14                     | 55 54 4951      | — 0,0049  |       |  |  |
| 5676                     | 8 21 42 5    | 13 3                                     | 5,18   | 22                     | 8 2 42 4964     | — 0,0036  |       |  |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube | D.                 | E.                             | Gemessene Länge | 1000,5881 mm |
|--------|---------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Anfang | 35,00 R | 56,17 <sup>0</sup> | 56,14 <sup>0</sup> | Korr. für 57,35 <sup>0</sup>   | + 0,3845        |              |
| Ende   | 37,65   | 58,1               | 59,4               | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9726       |              |
| Mittel | 36,32   | 57,13              | 57,57              |                                |                 |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492788 U. Z. = 1,00493275 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6894 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum — 0,2559 — 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1000,9726

1,4609 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 2c'. 1863. September 19.

|                          |             | 3h 0m                                    | Barom. | 30,215 inches          | Therm.         | am Barom. | 55,5 |  |  |
|--------------------------|-------------|------------------------------------------|--------|------------------------|----------------|-----------|------|--|--|
|                          |             | 7 50                                     | "      | 30,215                 | "              | "         | 57,2 |  |  |
| Mittel der Beobachtungen |             | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00492877 |                | Fehler    |      |  |  |
| 0                        | 6h 15' 5" 5 | 69 3                                     | 26,95  | 56,59                  | 6h 15' 5" 5005 | + 0,0005  |      |  |  |
| 404                      | 21 51 5     | 62 8                                     | 24,43  | 61                     | 21 51 4996     | — 0,0004  |      |  |  |
| 808                      | 28 37 5     | 55 3                                     | 21,50  | 63                     | 28 37 4960     | — 0,0032  |      |  |  |
| 1214                     | 35 25 5     | 49 4                                     | 19,20  | 65                     | 35 25 5023     | + 0,0023  |      |  |  |
| 1619                     | 42 12 5     | 43 1                                     | 16,75  | 67                     | 42 12 5017     | + 0,0017  |      |  |  |
| 2024                     | 48 59 5     | 39 3                                     | 15,30  | 69                     | 48 59 5000     | ± 0,0000  |      |  |  |
| 2429                     | 55 46 5     | 35 0                                     | 13,63  | 74                     | 55 46 4979     | — 0,0021  |      |  |  |
| 2835                     | 7 2 34 5    | 30 9                                     | 12,03  | 79                     | 7 2 34 5001    | + 0,0001  |      |  |  |
| 3241                     | 9 22 5      | 27 7                                     | 10,78  | 84                     | 9 22 5020      | + 0,0020  |      |  |  |
| 3646                     | 16 9 5      | 25 2                                     | 9,80   | 89                     | 16 9 4987      | — 0,0013  |      |  |  |
| 4053                     | 22 58 5     | 22 8                                     | 8,88   | 56,95                  | 22 58 5050     | + 0,0050  |      |  |  |
| 4457                     | 29 44 5     | 21 2                                     | 8,23   | 57,02                  | 29 44 4964     | — 0,0036  |      |  |  |
| 4863,5                   | 36 33 0     | 18 0                                     | 7,00   | 08                     | 36 33 5003     | + 0,0003  |      |  |  |
| 5269,0                   | 43 20 5     | 16 6                                     | 6,45   | 15                     | 43 20 4990     | — 0,0010  |      |  |  |
| 5675,0                   | 50 8 5      | 15 3                                     | 5,95   | 57,21                  | 50 8 5003      | + 0,0003  |      |  |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube | D.                 | E.                             | Gemessene Länge | 1000,6282 mm |
|--------|---------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Anfang | 39,45 R | 56,87 <sup>0</sup> | 56,53 <sup>0</sup> | Korr. für 57,44                | + 0,3854        |              |
| Ende   | 38,15   | 58,17              | 58,20              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0136       |              |
| Mittel | 38,80   | 57,52              | 57,36              |                                |                 |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492877 U. Z. = 1,00490130 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6307 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum — 0,2559 — 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0136

1,3612 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 5a. 1863. September 20.

|                          |              | 3h 0m                                       | Barom. | 29,904 inches          | Therm. am Barom. | 56,25    |  |  |
|--------------------------|--------------|---------------------------------------------|--------|------------------------|------------------|----------|--|--|
|                          |              | 8 14                                        | "      | 29,910 "               | "                | 57,8     |  |  |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00466132 |                  | Fehler   |  |  |
| 0                        | 6h 43' 50" 5 | 69 0                                        | 26,83  | 57,22                  | 6h 43' 50" 5036  | + 0,0036 |  |  |
| 426                      | 50 58 5      | 63 1                                        | 24,53  | 27                     | 50 58 4999       | - 0,0001 |  |  |
| 853                      | 58 7 5       | 57 8                                        | 22,48  | 32                     | 58 7 4972        | - 0,0028 |  |  |
| 1281                     | 7 5 17 5     | 53 2                                        | 20,68  | 37                     | 7 5 17 4980      | - 0,0020 |  |  |
| 1710                     | 12 28 5      | 48 8                                        | 19,00  | 42                     | 12 28 5026       | + 0,0026 |  |  |
| 2137                     | 19 37 5      | 44 7                                        | 17,40  | 47                     | 19 37 4969       | - 0,0031 |  |  |
| 2566                     | 26 48 5      | 41 1                                        | 16,00  | 52                     | 26 48 5000       | + 0,0000 |  |  |
| 2994                     | 33 58 5      | 38 4                                        | 14,95  | 56                     | 33 58 4978       | - 0,0022 |  |  |
| 3424                     | 41 10 5      | 34 8                                        | 13,53  | 61                     | 41 10 5047       | + 0,0047 |  |  |
| 3852                     | 48 20 5      | 31 7                                        | 12,35  | 65                     | 48 20 5016       | + 0,0016 |  |  |
| 4284                     | 55 30 5      | 30 0                                        | 11,65  | 70                     | 55 30 4983       | - 0,0017 |  |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube D. | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,6081 mm |
|--------|---------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 36,98 R | 56,80 <sup>0</sup>    | 56,65 <sup>0</sup> | Korr. für 57,67 <sup>0</sup>   | + 0,3877     |
| Ende   | 38,15   | 58,57                 | 58,70              | Entfernung der Messerschneiden | 1000,9958    |
| Mittel | 37,56   | 57,68                 | 57,67              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00466132 U. Z. = 1,00466866 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1626 mm + 1,0094 mm  $\epsilon$   
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1741 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1000,9958  
 0,9927 mm + 1,0092 mm  $\epsilon$

## Versuch 3c. September 21. 1863.

|                          |              | 5h 58m                                      | Barom. | 29,853 inches          | Therm. am Barom. | 54,5     |  |  |
|--------------------------|--------------|---------------------------------------------|--------|------------------------|------------------|----------|--|--|
|                          |              | 8 40                                        | "      | 29,906 "               | "                | 57,3     |  |  |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00465140 |                  | Fehler   |  |  |
| 0                        | 6h 41' 32" 0 | 61 8                                        | 24,05  | 56,75                  | 6h 41' 31" 9958  | - 0,0042 |  |  |
| 429,5                    | 48 43 5      | 56 5                                        | 21,98  | 70                     | 48 43 5018       | + 0,0018 |  |  |
| 857,5                    | 55 53 7      | 51 6                                        | 20,08  | 65                     | 55 53 4991       | - 0,0009 |  |  |
| 1286,5                   | 7 3 4 5      | 47 7                                        | 18,55  | 60                     | 7 3 4 5000       | + 0,0000 |  |  |
| 1715,5                   | 10 15 5      | 43 7                                        | 17,00  | 55                     | 10 15 5001       | + 0,0001 |  |  |
| 2145                     | 17 27 0      | 40 4                                        | 15,70  | 50                     | 17 27 0015       | + 0,0015 |  |  |
| 2574,5                   | 24 38 5      | 37 6                                        | 14,63  | 57                     | 24 38 0024       | + 0,0024 |  |  |
| 3004                     | 31 50 0      | 34 4                                        | 13,38  | 63                     | 31 50 0031       | + 0,0031 |  |  |
| 3433                     | 39 1 0       | 32 1                                        | 12,50  | 70                     | 39 1 0010        | + 0,0010 |  |  |
| 3862,5                   | 46 12 5      | 29 1                                        | 11,33  | 76                     | 46 12 5011       | + 0,0011 |  |  |
| 4291,5                   | 53 23 5      | 27 8                                        | 10,80  | 83                     | 53 23 4986       | - 0,0014 |  |  |
| 5720,5                   | 8 0 34 5     | 25 4                                        | 9,90   | 92                     | 8 0 34 4960      | - 0,0040 |  |  |
| 5150,5                   | 7 46 5       | 23 6                                        | 9,18   | 57,01                  | 7 46 4982        | - 0,0018 |  |  |
| 5580,5                   | 14 58 5      | 21 8                                        | 8,48   | 09                     | 14 58 5003       | + 0,0003 |  |  |
| 6009,5                   | 22 9 5       | 20 3                                        | 7,88   | 18                     | 22 9 5008        | + 0,0008 |  |  |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube D. | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,6376 mm |
|--------|---------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 38,53 R | 56,2 <sup>0</sup>     | 56,23 <sup>0</sup> | Korr. für 56,87 <sup>0</sup>   | + 0,3787     |
| Ende   | 40,23   | 57,55                 | 57,50              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0163    |
| Mittel | 39,38   | 56,88                 | 56,86              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00465140 U. Z. = 1,00465360 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1321 mm + 1,0094 mm  $\epsilon$   
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1743 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0163  
 0,9215 mm + 1,0092 mm  $\epsilon$



## Versuch 4b'. 1863. September 22.

| 6h 13m                   |              | Barom. | 30,172 inches                            | Therm. | am Barom.              | 54,7    |
|--------------------------|--------------|--------|------------------------------------------|--------|------------------------|---------|
| 8 22                     |              | "      | 30,225 "                                 | "      | "                      | 56,6    |
| Mittel der Beobachtungen |              |        | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00491172 | Fehler  |
| 0                        | 6h 48' 17" 0 | 56' 8  | 22,10                                    | 55,60  | 6h 48' 16" 9882        | -0,0118 |
| 813,5                    | 7 1 54 5     | 45 6   | 17,73                                    | 56,08  | 7 1 54 5039            | +0,0039 |
| 1219,5                   | 8 42 5       | 40 8   | 15,88                                    | 30     | 8 42 5013              | +0,0013 |
| 1626,5                   | 15 31 5      | 36 5   | 14,18                                    | 54     | 15 31 5033             | +0,0033 |
| 2033,5                   | 22 20 5      | 32 9   | 12,78                                    | 77     | 22 20 5052             | +0,0052 |
| 2439,5                   | 29 8 5       | 29 2   | 11,35                                    | 68     | 29 8 5017              | +0,0017 |
| 2846,5                   | 35 57 5      | 25 6   | 9,95                                     | 55     | 35 57 5025             | +0,0025 |
| 3253,5                   | 42 46 5      | 23 5   | 9,13                                     | 48     | 42 46 5028             | +0,0028 |
| 3659,5                   | 49 34 5      | 21 0   | 8,18                                     | 40     | 49 34 4977             | -0,0023 |
| 4066,5                   | 56 23 5      | 19 1   | 7,43                                     | 31     | 56 23 4973             | -0,0027 |
| 4473,5                   | 8 3 12 5     | 17 7   | 6,90                                     | 22     | 8 3 12 4964            | -0,0036 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.    | E.     | Gemessene Länge                | 1000,6366 mm |
|--------|--------------------|-------|--------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 39,58 R            | 55,50 | 55,250 | Korr. für 56,33 <sup>9</sup>   | +0,3736      |
| Ende   | 39,06              | 57,3  | 57,27  | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0102    |
| Mittel | 39,32              | 56,4  | 56,26  |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00491172 U. Z. = 1,00489949 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6224 mm + 1,0098 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2561 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0102  
 1,3561 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 3d'. 1863. September 23.

| 3h 0m                    |              | Barom. | 30,291 inches                            | Therm. | am Barom.              | 55,4    |
|--------------------------|--------------|--------|------------------------------------------|--------|------------------------|---------|
| 8 5                      |              | "      | 30,480 "                                 | "      | "                      | 57,65   |
| Mittel der Beobachtungen |              |        | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00491847 | Fehler  |
| 0                        | 6h 27' 26" 5 | 52' 7  | 20,50                                    | 56,63  | 6h 27' 26" 5103        | +0,0103 |
| 807                      | 40 57 5      | 42 2   | 16,43                                    | 72     | 40 57 4953             | -0,0047 |
| 1213                     | 47 45 5      | 37 7   | 14,68                                    | 76     | 47 45 4943             | -0,0057 |
| 1620                     | 54 34 5      | 33 3   | 12,95                                    | 80     | 54 34 4978             | -0,0022 |
| 2027                     | 7 1 23 5     | 30 4   | 11,83                                    | 85     | 7 1 23 5007            | +0,0007 |
| 2433                     | 8 11 5       | 27 1   | 10,53                                    | 89     | 8 11 4984              | -0,0016 |
| 2840                     | 15 0 5       | 24 2   | 9,40                                     | 56,95  | 15 0 5007              | +0,0007 |
| 3246,5                   | 21 49 0      | 22 1   | 8,58                                     | 57,00  | 21 49 0005             | +0,0005 |
| 3653                     | 28 37 5      | 19 5   | 7,58                                     | 06     | 28 37 5002             | +0,0002 |
| 4060                     | 35 26 5      | 17 9   | 6,98                                     | 57,11  | 35 26 5023             | +0,0023 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.    | E.    | Gemessene Länge                | 1000,6201 mm |
|--------|--------------------|-------|-------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 37,63 R            | 56,50 | 56,10 | Korr. für 57,10'               | +0,3811      |
| Ende   | 38,98              | 57,83 | 58,0  | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0012    |
| Mittel | 38,30              | 57,16 | 57,05 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00491847 U. Z. = 1,00494937 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,7226 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2572 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0012  
 1,4642 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 5b. 1863. September 25.

|                                                                   |              | 3h 0' | Barom.                                      | 30,037 inches                  | Therm. am Barom.       | 57,35        |        |  |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------|--------|--|
|                                                                   |              | 8 16  | "                                           | 30,008 "                       | "                      | 59,15        |        |  |
| Mittel der Beobachtungen                                          |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                                | Rechnung<br>1,00467804 |              | Fehler |  |
| 0                                                                 | 6h 25' 38" 5 | 65' 4 | 25,45                                       | 58,13                          | 6h 25' 38" 5021        | + 0,0021     |        |  |
| 426,5                                                             | 32 47 0      | 60 5  | 23,55                                       | 16                             | 32 47 0041             | + 0,0041     |        |  |
| 852                                                               | 39 54 5      | 55 7  | 21,65                                       | 19                             | 39 54 5000             | + 0,0000     |        |  |
| 1278                                                              | 47 2 5       | 51 2  | 19,90                                       | 23                             | 47 2 4972              | - 0,0028     |        |  |
| 1705                                                              | 54 11 5      | 47 3  | 18,40                                       | 26                             | 54 11 4982             | - 0,0018     |        |  |
| 2132                                                              | 7 1 20 5     | 43 4  | 16,90                                       | 29                             | 7 1 20 4985            | - 0,0015     |        |  |
| 2560                                                              | 8 30 5       | 39 7  | 15,45                                       | 36                             | 8 30 5027              | + 0,0027     |        |  |
| 2986                                                              | 15 38 5      | 37 1  | 14,43                                       | 43                             | 15 38 4973             | - 0,0027     |        |  |
| 3413                                                              | 22 47 5      | 34 1  | 13,25                                       | 50                             | 22 47 4961             | - 0,0039     |        |  |
| 3841                                                              | 29 57 5      | 31 3  | 12,18                                       | 56                             | 29 57 4993             | - 0,0007     |        |  |
| 4268                                                              | 37 6 5       | 29 2  | 11,35                                       | 63                             | 37 6 4977              | - 0,0003     |        |  |
| 4697                                                              | 44 17 5      | 27 4  | 10,65                                       | 70                             | 44 17 5053             | + 0,0053     |        |  |
| 5113                                                              | 51 25 5      | 25 4  | 9,90                                        | 71                             | 51 25 4986             | - 0,0014     |        |  |
| 5540                                                              | 58 34 5      | 22 7  | 8,85                                        | 73                             | 58 34 4966             | - 0,0038     |        |  |
| 6395                                                              | 8 12 53 5    | 19 7  | 7,68                                        | 75                             | 8 12 53 5058           | + 0,0058     |        |  |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |              |       |                                             |                                |                        |              |        |  |
| Mikrometerschraube                                                |              | D.    | E.                                          | Gemessene Länge                |                        | 1000,6200 mm |        |  |
| Anfang                                                            | 38,13 R      | 58,20 | 58,030                                      | Korr. für 58,81°               |                        | + 0,3991     |        |  |
| Ende                                                              | 38,45        | 59,5  | 59,5                                        | Entfernung der Messerschneiden |                        | 1001,4191    |        |  |
| Mittel                                                            | 38,29        | 58,85 | 58,76                                       |                                |                        |              |        |  |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467804 U. Z. = 1,00467980 M. Z. |              |       |                                             |                                |                        |              |        |  |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |              |       |                                             | 1002,1848 mm                   | + 1,0094 mm s          |              |        |  |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |              |       |                                             | - 0,1743                       | - 0,0002               |              |        |  |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |              |       |                                             | 1001,0191                      |                        |              |        |  |
|                                                                   |              |       |                                             | 0,9914 mm                      | + 1,0092 mm s          |              |        |  |

## Versuch 2d. 1863. September 26.

|                                                                   |                          |                    |                                             |                                |                        |                          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------|
|                                                                   | 3h 0'                    | Barom.             | 29,874 inches                               | Therm. am Barom.               | 57,15                  |                          |
|                                                                   | 8 12                     | "                  | 29,773 "                                    | "                              | 58,75                  |                          |
|                                                                   | Mittel der Beobachtungen |                    | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                                | Rechnung<br>1,00467864 | Fehler                   |
| 0                                                                 | 6h 25'                   | 6'' 5              | 65' 0                                       | 25,30                          | 58,38                  | 6h 25' 6'' 4996 — 0,0004 |
| 426                                                               | 32 14 5                  |                    | 60 6                                        | 23,58                          | 43                     | 32 14 4970 — 0,0030      |
| 853                                                               | 39 23 5                  |                    | 55 1                                        | 21,45                          | 48                     | 39 23 4999 — 0,0001      |
| 1279,5                                                            | 46 32 0                  |                    | 51 2                                        | 19,93                          | 53                     | 46 31 9995 — 0,0005      |
| 1706                                                              | 53 40 5                  |                    | 46 8                                        | 18,20                          | 57                     | 53 40 4982 — 0,0018      |
| 2134                                                              | 7 0 50 5                 |                    | 43 1                                        | 16,78                          | 62                     | 7 0 50 5032 + 0,0032     |
| 2570                                                              | 7 58 5                   |                    | 39 6                                        | 15,40                          | 67                     | 7 58 4982 — 0,0018       |
| 2998                                                              | 15 8 5                   |                    | 36 3                                        | 14,13                          | 67                     | 15 8 5020 + 0,0020       |
| 3425                                                              | 22 17 5                  |                    | 33 8                                        | 13,13                          | 67                     | 22 17 5006 + 0,0006      |
| 3853                                                              | 29 27 5                  |                    | 31 1                                        | 12,08                          | 68                     | 29 27 5035 + 0,0035      |
| 4280                                                              | 36 36 5                  |                    | 28 7                                        | 11,18                          | 68                     | 36 36 5013 + 0,0013      |
| 4708                                                              | 43 46 5                  |                    | 26 8                                        | 10,43                          | 72                     | 43 46 5039 + 0,0039      |
| 5135                                                              | 50 55 5                  |                    | 25 3                                        | 9,85                           | 68                     | 50 55 5013 + 0,0013      |
| 5562                                                              | 58 4 5                   |                    | 23 2                                        | 9,03                           | 75                     | 58 4 4986 — 0,0014       |
| 5989                                                              | 8 5 13 5                 |                    | 21 0                                        | 8,18                           | 79                     | 8 5 13 4958 — 0,0042     |
| 6417                                                              | 12 23 5                  |                    | 19 9                                        | 7,73                           | 58,82                  | 12 23 4975 — 0,0025      |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |                          |                    |                                             |                                |                        |                          |
|                                                                   | Mikrometerschraube       | D.                 | E.                                          | Gemessene Länge                |                        | 1000,5772 mm             |
| Anfang                                                            | 36,3 R                   | 58,87 <sup>0</sup> | 58,77 <sup>0</sup>                          | Korr. für 59,16 <sup>0</sup>   |                        | + 0,4028                 |
| Ende                                                              | 35,0                     | 59,5               | 59,5                                        | Entfernung der Messerschneiden |                        | 1000,9800                |
| Mittel                                                            | 35,65                    | 59,18              | 59,14                                       |                                |                        |                          |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467864 U. Z. = 1,00467925 M. Z. |                          |                    |                                             |                                |                        |                          |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |                          |                    |                                             | 1002,1834 mm                   | + 1,0094 mm ε          |                          |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |                          |                    |                                             | — 0,1733                       | — 0,0002               |                          |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |                          |                    |                                             | 1000,9800                      |                        |                          |
|                                                                   |                          |                    |                                             | 1,0301                         | + 1,0092 mm ε          |                          |



## Versuch 4a'. 1863. September 27.

|                                                                   |                          |        |                                             |                                |                        |              |          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|---------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------|----------|
|                                                                   | 6h 30m                   | Barom. | 29,651 inches                               | Therm.                         | am Barom.              | 57,15        |          |
|                                                                   | 8 23                     | "      | 29,695 "                                    | "                              | "                      | 59,00        |          |
|                                                                   | Mittel der Beobachtungen |        | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                                | Rechnung<br>1,00493969 |              | Fehler   |
| 0                                                                 | 7h 0' 55" 5              | 63' 0  | 24,50                                       | 57,66                          | 7h 0' 55" 4980         |              | - 0,0020 |
| 404                                                               | 7 51 5                   | 55 7   | 21,65                                       | 89                             | 7 51 4981              |              | - 0,0019 |
| 809                                                               | 14 28 5                  | 50 5   | 19,65                                       | 58,12                          | 14 28 5020             |              | + 0,0020 |
| 1213                                                              | 21 14 5                  | 44 4   | 17,28                                       | 35                             | 21 14 5002             |              | + 0,0002 |
| 1617                                                              | 28 0 5                   | 39 9   | 15,53                                       | 39                             | 28 0 4977              |              | - 0,0023 |
| 2023                                                              | 34 48 5                  | 35 5   | 13,80                                       | 42                             | 34 48 5044             |              | + 0,0044 |
| 2427                                                              | 41 34 5                  | 32 0   | 12,45                                       | 45                             | 41 34 5007             |              | + 0,0007 |
| 2832                                                              | 48 21 5                  | 28 6   | 11,13                                       | 48                             | 48 21 5015             |              | + 0,0015 |
| 3236                                                              | 55 7 5                   | 25 8   | 10,05                                       | 55                             | 55 7 4970              |              | - 0,0030 |
| 3642                                                              | 8 1 55 5                 | 23 1   | 9,00                                        | 62                             | 8 1 55 5022            |              | + 0,0022 |
| 4047                                                              | 8 42 5                   | 21 2   | 8,23                                        | 68                             | 8 42 5025              |              | + 0,0025 |
| 4451                                                              | 15 28 5                  | 19 2   | 7,45                                        | 75                             | 15 28 4977             |              | - 0,0023 |
| 4856                                                              | 22 15 5                  | 17 1   | 6,65                                        | 72                             | 22 15 4979             |              | - 0,0021 |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |                          |        |                                             |                                |                        |              |          |
|                                                                   | Mikrometerschraube D.    |        | E.                                          | Gemessene Länge                |                        | 1000,6433 mm |          |
| Anfang                                                            | 39,93 R                  | 58,00  | 58,15 <sup>0</sup>                          | Korr. für 59,11 <sup>0</sup>   |                        | + 0,4022     |          |
| Ende                                                              | 39,53                    | 60,17  | 60,13                                       | Entfernung der Messerschneiden |                        | 1001,0455    |          |
| Mittel                                                            | 39,71                    | 59,08  | 59,14                                       |                                |                        |              |          |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00493969 U. Z. = 1,00493687 M. Z. |                          |        |                                             |                                |                        |              |          |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |                          |        |                                             | 1002,6972 mm                   | + 1,0099 mm s          |              |          |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |                          |        |                                             | - 0,2504                       | - 0,0003               |              |          |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |                          |        |                                             | 1001,0455                      |                        |              |          |
|                                                                   |                          |        |                                             | 1,4013 mm                      | + 1,0096 mm s          |              |          |

## Versuch 3c'. 1863. September 29.

|                                                                   |                    |                                             |                    |                                |                 |              |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|
|                                                                   | 3h 0m              | Barom.                                      | 30,060 inches      | Therm.                         | am Barom.       | 57,15        |
|                                                                   | 8 23               | "                                           | 30,011 "           | "                              | "               | 59,2         |
| Mittel der Beobachtungen                                          |                    | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                    | Rechnung                       |                 | Fehler       |
|                                                                   |                    |                                             |                    | 1,00494098                     |                 |              |
| 0                                                                 | 6h 22' 59" 0       | 62' 6                                       | 24,35              | 57,55                          | 6h 22' 59" 0035 | + 0,0035     |
| 404                                                               | 29 45 0            | 56 6                                        | 22,00              | 67                             | 29 45 0028      | + 0,0028     |
| 808                                                               | 36 31 0            | 50 5                                        | 19,63              | 79                             | 36 31 0009      | + 0,0009     |
| 1213                                                              | 43 18 0            | 44 8                                        | 17,45              | 92                             | 43 18 0028      | + 0,0028     |
| 1616,5                                                            | 50 3 5             | 40 0                                        | 15,55              | 58,04                          | 50 3 4966       | - 0,0034     |
| 2020                                                              | 56 49 5            | 35 9                                        | 13,95              | 16                             | 56 49 4923      | - 0,0077     |
| 2426                                                              | 7 3 37 5           | 32 9                                        | 12,78              | 26                             | 7 3 37 4976     | - 0,0024     |
| 2832                                                              | 10 25 5            | 28 5                                        | 11,10              | 37                             | 10 25 5016      | + 0,0016     |
| 3236                                                              | 17 11 5            | 25 7                                        | 10,00              | 47                             | 17 11 4975      | - 0,0025     |
| 3641                                                              | 23 58 5            | 23 0                                        | 8,95               | 58                             | 23 58 4969      | - 0,0031     |
| 4047                                                              | 30 46 5            | 20 9                                        | 8,13               | 68                             | 30 46 5013      | + 0,0013     |
| 4452                                                              | 37 33 5            | 19 2                                        | 7,48               | 68                             | 37 33 5009      | + 0,0009     |
| 4857                                                              | 44 20 5            | 17 4                                        | 6,78               | 69                             | 44 20 5005      | + 0,0005     |
| 5263                                                              | 50 38 5            | 15 4                                        | 6,00               | 69                             | 50 38 5046      | + 0,0046     |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |                    |                                             |                    |                                |                 |              |
|                                                                   | Mikrometerschraube | D.                                          | E.                 | Gemessene Länge                |                 | 1000,6211 mm |
| Anfang                                                            | 37,48 R            | 58,17 <sup>0</sup>                          | 58,03 <sup>0</sup> | Korr. für 58,77 <sup>0</sup>   |                 | + 0,3987     |
| Ende                                                              | 39,25              | 59,47                                       | 59,4               | Entfernung der Messerschneiden |                 | 1001,0198    |
| Mittel                                                            | 38,36              | 58,82                                       | 58,71              |                                |                 |              |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00494098 U. Z. = 1,00494441 M. Z. |                    |                                             |                    |                                |                 |              |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |                    |                                             |                    | 1002,7125 mm                   | + 1,0099 mm ε   |              |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |                    |                                             |                    | - 0,2534                       | - 0,0003        |              |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |                    |                                             |                    | 1001,0198                      |                 |              |
|                                                                   |                    |                                             |                    | 1,4393 mm                      | + 1,0096 mm ε   |              |



## Versuch 6b. 1863. September 30.

|                                                                   |                          |        |               |                                             |               |                        |           |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|---------------|---------------------------------------------|---------------|------------------------|-----------|
|                                                                   | 3h 0m                    | Barom. | 30,132 inches | Therm. am Barom.                            | 56,6          |                        |           |
|                                                                   | 7 45                     | "      | 30,184 "      | "                                           | 58,45         |                        |           |
|                                                                   | Mittel der Beobachtungen |        |               | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |               | Rechnung<br>1,00467342 |           |
|                                                                   |                          |        |               |                                             |               | Fehler                 |           |
| 0                                                                 | 6h 26'                   | 4" 5   | 56' 5         | 22,00                                       | 57,58         | 6h 26'                 | 4" 5028   |
| 426                                                               | 33                       | 12 5   | 51 9          | 20,18                                       | 67            | 33                     | 12 4986   |
| 853                                                               | 40                       | 21 5   | 47 9          | 18,65                                       | 76            | 40                     | 21 4982   |
| 1281                                                              | 47                       | 31 5   | 44 0          | 17,10                                       | 85            | 47                     | 31 5019   |
| 1707                                                              | 54                       | 39 5   | 40 6          | 15,78                                       | 94            | 54                     | 39 4956   |
| 2135                                                              | 7                        | 1 49 5 | 37 2          | 14,45                                       | 58,03         | 7                      | 1 49 4982 |
| 2563                                                              | 8                        | 59 5   | 34 3          | 13,35                                       | 12            | 8                      | 59 5005   |
| 2991                                                              | 16                       | 9 5    | 32 2          | 12,53                                       | 14            | 16                     | 9 5026    |
| 3419                                                              | 23                       | 19 5   | 29 2          | 11,35                                       | 16            | 23                     | 19 5043   |
| 3846                                                              | 40                       | 28 5   | 27 2          | 10,58                                       | 18            | 30                     | 28 5011   |
| 4273                                                              | 37                       | 37 5   | 25 4          | 9,88                                        | 20            | 37                     | 37 4976   |
| 4701                                                              | 44                       | 47 5   | 23 0          | 8,95                                        | 28            | 44                     | 47 4986   |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |                          |        |               |                                             |               |                        |           |
|                                                                   | Mikrometerschraube D.    |        | E.            | Gemessene Länge                             |               | 1000,6522 mm           |           |
| Anfang                                                            | 40,43 R                  | 57,50  | 57,450        | Korr. für 58,560                            |               | + 0,3966               |           |
| Ende                                                              | 40,13                    | 59,7   | 59,57         | Entfernung der Messerschneiden              |               | 1001,0488              |           |
| Mittel                                                            | 40,28                    | 58,6   | 58,51         |                                             |               |                        |           |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467342 U. Z. = 1,00468056 M. Z. |                          |        |               |                                             |               |                        |           |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |                          |        |               | 1002,1861 mm                                | + 1,0094 mm ε |                        |           |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |                          |        |               | - 0,1734                                    | - 0,0002      |                        |           |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |                          |        |               | 1001,0488                                   |               |                        |           |
|                                                                   |                          |        |               | 0,9619 mm                                   | + 1,0092 mm ε |                        |           |

## Versuch 3a. 1863. October 1.

| 6h 5m                                                             |              | Barom. | 30,304 inches                               | Therm. am                      | Barom.                 | 56,35        |          |  |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|--------|---------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------|----------|--|
| 8 31                                                              |              | "      | 30,359 "                                    | "                              | "                      | 58,45        |          |  |
| Mittel der Beobachtungen                                          |              |        | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                                | Rechnung<br>1,00467499 |              | Fehler   |  |
| 0                                                                 | 6h 39' 14" 5 | 55' 1  | 21,45                                       | 56,76                          | 6h 39' 14" 4988        |              | - 0,0012 |  |
| 427                                                               | 46 23 5      | 50 8   | 19,75                                       | 81                             | 46 23 4968             |              | - 0,0032 |  |
| 855                                                               | 53 33 5      | 46 3   | 18,03                                       | 85                             | 53 33 4987             |              | - 0,0013 |  |
| 1284                                                              | 7 0 44 5     | 42 5   | 16,53                                       | 90                             | 7 0 44 5045            |              | + 0,0045 |  |
| 1711                                                              | 7 53 5       | 39 2   | 15,23                                       | 94                             | 7 53 5003              |              | + 0,0003 |  |
| 2139                                                              | 15 3 5       | 36 1   | 14,05                                       | 99                             | 15 3 5002              |              | + 0,0002 |  |
| 2567                                                              | 22 13 5      | 33 4   | 12,98                                       | 57,07                          | 22 13 4999             |              | - 0,0001 |  |
| 2995                                                              | 29 23 5      | 30 6   | 11,90                                       | 16                             | 29 23 4993             |              | - 0,0007 |  |
| 3424                                                              | 36 34 5      | 28 3   | 11,00                                       | 24                             | 36 34 5033             |              | + 0,0033 |  |
| 3852                                                              | 43 44 5      | 26 0   | 10,13                                       | 32                             | 43 44 5024             |              | + 0,0024 |  |
| 4279                                                              | 50 53 5      | 24 1   | 9,38                                        | 42                             | 50 53 4967             |              | + 0,0033 |  |
| 4708                                                              | 58 4 5       | 22 5   | 8,75                                        | 52                             | 58 4 5005              |              | + 0,0005 |  |
| 5135                                                              | 8 5 13 5     | 20 7   | 8,05                                        | 61                             | 8 5 13 4949            |              | + 0,0051 |  |
| 5565                                                              | 12 25 5      | 19 1   | 7,43                                        | 71                             | 12 25 5034             |              | + 0,0034 |  |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |              |        |                                             |                                |                        |              |          |  |
| Mikrometerschraube D.                                             |              | E.     |                                             | Gemessene Länge                |                        | 1000,6297 mm |          |  |
| Anfang                                                            | 39,98 R      | 57,670 | 57,630                                      | Korr. für 58,320               |                        | + 0,3942     |          |  |
| Ende                                                              | 39,8         | 59,07  | 58,93                                       | Entfernung der Messerschneiden |                        | 1001,0239    |          |  |
| Mittel                                                            | 39,89        | 58,37  | 58,28                                       |                                |                        |              |          |  |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467499 U. Z. = 1,00467602 M. Z. |              |        |                                             |                                |                        |              |          |  |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |              |        |                                             | 1002,1769 mm                   | + 1,0094 mm ε          |              |          |  |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |              |        |                                             | - 0,1764                       | - 0,0002               |              |          |  |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |              |        |                                             | 1001,0239                      |                        |              |          |  |
|                                                                   |              |        |                                             | 0,9766 mm                      | + 1,0092 mm ε          |              |          |  |



## Versuch 5a'. 1863. October 4.

|                          |              | 3h 0m                                       | Barom. | 30,317 inches | Therm.          | am Barom. | 55,75  |
|--------------------------|--------------|---------------------------------------------|--------|---------------|-----------------|-----------|--------|
|                          |              | 8 29                                        | "      | 30,236 "      | "               | "         | 58,75  |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        |               | Rechnung        |           | Fehler |
|                          |              |                                             |        |               | 1,00493414      |           |        |
| 0                        | 6h 41' 29" 0 | 57' 8                                       | 22,50  | 57,15         | 6h 41' 29" 0006 | + 0,0006  |        |
| 404                      | 48 15 0      | 52 3                                        | 20,33  | 24            | 48 14 9971      | - 0,0029  |        |
| 809,5                    | 55 2 5       | 46 8                                        | 18,20  | 33            | 55 2 5000       | + 0,0000  |        |
| 1214,5                   | 7 1 49 5     | 41 1                                        | 16,00  | 44            | 7 1 49 4994     | - 0,0006  |        |
| 1619,5                   | 8 36 5       | 37 5                                        | 14,60  | 52            | 8 36 4982       | - 0,0018  |        |
| 2025,5                   | 15 24 5      | 33 5                                        | 13,03  | 61            | 15 24 5015      | + 0,0015  |        |
| 2431,5                   | 22 12 5      | 30 2                                        | 11,73  | 70            | 22 12 5045      | + 0,0045  |        |
| 2835,5                   | 28 58 5      | 26 5                                        | 10,30  | 78            | 28 58 4972      | + 0,0028  |        |
| 3242,5                   | 35 47 5      | 24 6                                        | 9,55   | 76            | 35 47 5045      | + 0,0045  |        |
| 3647,5                   | 42 34 5      | 21 5                                        | 8,38   | 78            | 42 34 5018      | + 0,0018  |        |
| 4052,5                   | 49 21 5      | 19 7                                        | 7,68   | 81            | 49 21 4988      | - 0,0012  |        |
| 4458,5                   | 56 9 5       | 17 9                                        | 6,98   | 79            | 56 9 5006       | + 0,0006  |        |
| 4863,5                   | 8 2 56 5     | 15 9                                        | 6,18   | 77            | 8 2 56 4973     | - 0,0027  |        |
| 5269,5                   | 9 45 5       | 13 9                                        | 5,40   | 75            | 9 45 4988       | - 0,0012  |        |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube | D.    | E.                             | Gemessene Länge | 1000,6327 mm |
|--------|---------|--------------------|-------|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Anfang | 38,83 R | 57,40              | 57,90 | Korr. für 58,89°               | + 0,3999        |              |
| Ende   | 39,33   | 60,25              | 60,0  | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0326       |              |
| Mittel | 39,08   | 58,83              | 58,95 |                                |                 |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00493414 U. Z. = 1,00493392 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6917 mm + 1,0099 mm s

Reduktion auf den leeren Raum - 0,2559 - 0,0003

Entfernung der Messerschneiden 1001,0326

1,4032 mm + 1,0096 mm s

## Versuch 4c'. 1863. October 6.

|                          |             | 5h 55m                                      | Barom. | 29,897 inches | Therm.          | am Barom. | 58,5   |
|--------------------------|-------------|---------------------------------------------|--------|---------------|-----------------|-----------|--------|
|                          |             | 8 16                                        | "      | 29,893 "      | "               | "         | 61,0   |
| Mittel der Beobachtungen |             | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |        |               | Rechnung        |           | Fehler |
|                          |             |                                             |        |               | 1,00494867      |           |        |
| 0                        | 6 24' 18" 5 | 59' 2                                       | 23,05  | 59,53         | 6h 24' 18" 5013 | + 0,0013  |        |
| 403                      | 31 3 5      | 52 7                                        | 20,48  | 46            | 31 3 4991       | - 0,0009  |        |
| 807                      | 37 49 5     | 48 0                                        | 18,68  | 40            | 37 49 5001      | + 0,0001  |        |
| 1211                     | 44 35 5     | 41 5                                        | 16,15  | 33            | 44 35 4995      | - 0,0005  |        |
| 1616                     | 51 22 5     | 37 7                                        | 14,68  | 27            | 51 22 5035      | + 0,0035  |        |
| 2019                     | 58 7 5      | 33 3                                        | 12,95  | 20            | 58 7 4967       | - 0,0033  |        |
| 2424                     | 7 4 54 5    | 30 2                                        | 11,73  | 32            | 7 4 54 4993     | - 0,0007  |        |
| 2828                     | 11 40 5     | 26 9                                        | 10,48  | 43            | 11 40 4967      | - 0,0033  |        |
| 3233                     | 18 27 5     | 24 6                                        | 9,55   | 55            | 18 27 4990      | - 0,0010  |        |
| 3638                     | 25 14 5     | 22 6                                        | 8,58   | 66            | 25 14 5013      | + 0,0013  |        |
| 4043                     | 32 1 5      | 20 1                                        | 7,83   | 73            | 32 1 5036       | + 0,0036  |        |
| 4447                     | 38 47 5     | 18 3                                        | 7,13   | 79            | 38 47 5012      | + 0,0012  |        |
| 4852                     | 45 34 5     | 16 3                                        | 6,33   | 86            | 45 34 5035      | + 0,0035  |        |
| 5255                     | 52 19 5     | 14 9                                        | 5,78   | 92            | 52 19 4954      | - 0,0046  |        |

## Messung der Länge des Pendels.

|        |         | Mikrometerschraube | D.     | E.                             | Gemessene Länge | 1000,6358 mm |
|--------|---------|--------------------|--------|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Anfang | 39,03 R | 59,97°             | 59,53° | Korr. für 60,51°               | + 0,4171        |              |
| Ende   | 39,50   | 61,37              | 61,17  | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0529       |              |
| Mittel | 39,27   | 60,67              | 60,35  |                                |                 |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00494867 U. Z. = 1,00494758 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,7189 mm + 1,0099 mm s

Reduktion auf den leeren Raum - 0,2514 - 0,0003

Entfernung der Messerschneiden 1001,0529

1,4146 mm + 1,0096 mm s



## Versuch 6a. 1863. October 7.

4h 30m Barom. 29,915 inches Therm. am Barom. 57,85  
 8 10 " 29,986 " " 58,70

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00467801 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 4h 35' 29" 5 | 64' 5 | 25,10                                       | 57,87 | 4h 35' 29" 5003        | + 0,0003 |
| 427                      | 42 38 5      | 60 3  | 23,45                                       | 93    | 42 38 5038             | + 0,0038 |
| 852,5                    | 49 46 0      | 55 5  | 21,60                                       | 98    | 49 45 9091             | - 0,0009 |
| 1279                     | 56 54 5      | 51 0  | 19,83                                       | 58,03 | 56 54 4981             | - 0,0019 |
| 1706                     | 5 4 3 5      | 46 5  | 18,08                                       | 09    | 5 4 3 4985             | - 0,0015 |
| 2133                     | 11 12 5      | 43 3  | 16,85                                       | 14    | 11 12 4982             | - 0,0018 |
| 2560                     | 18 21 5      | 39 9  | 15,53                                       | 17    | 18 21 4975             | - 0,0025 |
| 2988                     | 25 31 5      | 36 4  | 14,15                                       | 19    | 25 31 5007             | + 0,0007 |
| 3416                     | 32 41 5      | 33 6  | 13,08                                       | 22    | 32 41 5035             | + 0,0035 |
| 3843                     | 39 50 5      | 31 2  | 12,15                                       | 24    | 39 50 5013             | + 0,0013 |
| 4270                     | 46 59 5      | 28 4  | 11,05                                       | 27    | 46 59 4980             | - 0,0012 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |        |                   | E.                | Gemessene Länge                | 1000,6277 mm |
|-----------------------|--------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 38,4 R | 58,4 <sup>0</sup> | 58,0 <sup>0</sup> | Korr. für 58,82 <sup>0</sup>   | + 0,3992     |
| Ende                  | 39,13  | 59,33             | 59,53             | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0269    |
| Mittel                | 38,77  | 58,87             | 58,77             |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467801 U. Z. = 1,00467834 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1815 mm + 1,0094 mm s  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1739 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0269  
 0,9807 mm + 1,0092 mm s

## Versuch 4c. 1863. October 7.

4h 30m Barom. 29,915 inches Therm. am Barom. 57,85  
 8 10 " 29,986 " " 58,70

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00468091 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 39' 33" 5 | 62' 7 | 24,40                                       | 58,04 | 6h 39' 33" 5027        | + 0,0027 |
| 426                      | 46 41 5      | 58 2  | 22,65                                       | 00    | 46 41 5024             | + 0,0024 |
| 853                      | 53 49 5      | 53 8  | 20,93                                       | 57,96 | 53 49 5010             | + 0,0010 |
| 1278                     | 7 0 57 5     | 49 3  | 19,18                                       | 91    | 7 0 57 4982            | - 0,0018 |
| 1705                     | 8 6 5        | 45 5  | 17,70                                       | 87    | 8 6 4993               | - 0,0007 |
| 2131                     | 15 14 5      | 41 2  | 16,03                                       | 83    | 15 14 4946             | - 0,0054 |
| 2559                     | 22 24 5      | 38 6  | 15,00                                       | 84    | 22 24 4987             | - 0,0013 |
| 2986                     | 29 33 5      | 33 4  | 13,00                                       | 86    | 29 33 4974             | - 0,0026 |
| 3414                     | 36 43 5      | 32 9  | 12,78                                       | 87    | 36 43 5005             | + 0,0005 |
| 3841                     | 43 52 5      | 30 2  | 11,75                                       | 58,02 | 43 52 4987             | - 0,0013 |
| 4270                     | 51 3 5       | 28 0  | 10,88                                       | 17    | 51 3 5064              | + 0,0064 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |        |                   | E.                | Gemessene Länge                | 1000,6277 mm |
|-----------------------|--------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 38,4 R | 58,4 <sup>0</sup> | 58,0 <sup>0</sup> | Korr. für 58,82 <sup>0</sup>   | + 0,3992     |
| Ende                  | 39,13  | 59,33             | 59,53             | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0269    |
| Mittel                | 38,77  | 58,87             | 58,77             |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00468091 U. Z. = 1,00468124 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1875 mm + 1,0094 mm s  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1739 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0269  
 0,9867 mm + 1,0092 mm s



## Versuch 4d'. 1863. October 8.

6h 4m Barom. 30,113 inches Therm. am Barom. 56,15  
8 45 " 30,134 " " 58,6

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00492089 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 7h 43' 26" 5 | 53' 8 | 20,95                                       | 57,54 | 7h 43' 26" 5026        | + 0,0026 |
| 405                      | 50 13 5      | 48 4  | 18,83                                       | 58    | 50 13 5013             | + 0,0013 |
| 810                      | 57 0 5       | 42 5  | 16,53                                       | 63    | 57 0 4990              | - 0,0010 |
| 1216                     | 8 7 48 5     | 38 3  | 14,90                                       | 68    | 8 3 48 5007            | + 0,0007 |
| 1621                     | 10 35 5      | 33 9  | 13,20                                       | 73    | 10 35 4970             | - 0,0030 |
| 2027                     | 17 23 5      | 31 0  | 12,05                                       | 78    | 17 23 4976             | - 0,0024 |
| 2433                     | 24 11 5      | 27 2  | 10,60                                       | 82    | 24 11 4991             | - 0,0009 |
| 2839                     | 30 59 5      | 24 7  | 9,60                                        | 87    | 30 59 4991             | - 0,0009 |
| 3245                     | 37 47 5      | 22 4  | 8,70                                        | 92    | 37 47 5001             | + 0,0001 |
| 3652                     | 44 36 5      | 19 9  | 7,75                                        | 89    | 47 36 5048             | + 0,0048 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |         |                    | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,6413 mm |
|-----------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 39,21 R | 57,08 <sup>0</sup> | 57,18 <sup>0</sup> | Korr. für 57,23 <sup>0</sup>   | + 0,3833     |
| Ende                  | 40,00   | 57,23              | 57,33              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0246    |
| Mittel                | 39,61   | 57,21              | 57,26              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492089 U. Z. = 1,00492834 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6806 mm + 1,0099 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum - 0,2546 - 0,0003

Entfernung der Messerschneiden 1001,0246

1,4014 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 5b'. 1863. October 8.

6h 4m Barom. 30,113 inches Therm. am Barom. 56,15  
8 45 " 30,134 " " 58,6

| Mittel der Beobachtungen |             |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00492517 | Fehler   |
|--------------------------|-------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 31' 0" 5 | 63' 8 | 24,80                                       | 56,63 | 6h 31' 0" 5032         | + 0,0032 |
| 404                      | 37 46 5     | 57 1  | 22,20                                       | 66    | 37 46 4991             | - 0,0009 |
| 809                      | 44 33 5     | 51 0  | 19,85                                       | 69    | 44 33 4985             | - 0,0015 |
| 1215                     | 51 21 5     | 48 0  | 17,50                                       | 73    | 51 21 5015             | + 0,0015 |
| 1620                     | 58 8 5      | 40 4  | 15,73                                       | 76    | 58 8 4987              | - 0,0013 |
| 2025                     | 7 4 55 5    | 36 1  | 14,05                                       | 79    | 7 4 55 4950            | - 0,0050 |
| 2432                     | 11 44 5     | 32 5  | 12,65                                       | 82    | 11 44 5008             | + 0,0008 |
| 2838                     | 18 32 5     | 28 5  | 11,08                                       | 85    | 18 32 5011             | + 0,0011 |
| 3244                     | 25 30 5     | 25 9  | 10,08                                       | 88    | 25 30 5011             | + 0,0011 |
| 3650                     | 31 8 5      | 23 5  | 9,15                                        | 92    | 31 8 5008              | + 0,0008 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. |         |                    | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,6413 mm |
|-----------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                | 39,21 R | 57,08 <sup>0</sup> | 57,18 <sup>0</sup> | Korr. für 57,23 <sup>0</sup>   | + 0,3833     |
| Ende                  | 40,00   | 57,33              | 57,33              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0246    |
| Mittel                | 39,61   | 57,21              | 57,26              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492517 U. Z. = 1,00493262 M. Z.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6889 mm + 1,0099 mm ε

Reduktion auf den leeren Raum - 0,2546 - 0,0003

Entfernung der Messerschneiden 1001,0246

1,4097 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 7b. 1863. October 9.

5h 55m Barom. 28,954 inches Therm. am Barom. 57,0  
8 49 " 29,970 " 59,6

| Mittel der Beobachtungen |             |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00468727 | Fehler   |
|--------------------------|-------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 28' 4" 5 | 59' 7 | 24,88                                       | 57,48 | 6h 28' 4" 5011         | + 0,0011 |
| 425                      | 35 11 5     | 52 1  | 20,25                                       | 63    | 35 11 5004             | + 0,0004 |
| 851                      | 42 19 5     | 48 5  | 18,85                                       | 78    | 42 19 5006             | + 0,0006 |
| 1277                     | 49 27 5     | 45 0  | 17,50                                       | 93    | 49 27 5003             | + 0,0003 |
| 1702                     | 56 34 5     | 41 1  | 16,00                                       | 58,08 | 56 34 4949             | - 0,0051 |
| 2129                     | 7 3 43 5    | 38 3  | 14,88                                       | 23    | 7 3 43 4986            | - 0,0014 |
| 2556                     | 10 52 5     | 35 2  | 13,70                                       | 21    | 10 52 5020             | + 0,0029 |
| 2983                     | 18 1 5      | 32 5  | 12,63                                       | 20    | 18 1 5047              | + 0,0047 |
| 3408                     | 25 8 5      | 30 2  | 11,75                                       | 18    | 25 8 4977              | - 0,0023 |
| 3835                     | 32 17 5     | 27 7  | 10,78                                       | 17    | 32 17 4999             | - 0,0001 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.                 | E.                | Gemessene Länge                | 1000,6298 mm |
|--------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 40,08 R            | 57,73 <sup>0</sup> | 57,4 <sup>0</sup> | Korr. für 57,99 <sup>0</sup>   | + 0,3909     |
| Ende   | 37,71              | 58,4               | 58,4              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0207    |
| Mittel | 38,90              | 58,07              | 57,9              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00468727 U. Z. = 1,00469020 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,2060 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1740 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0207  
 1,0113 mm + 1,0092 mm ε

## Versuch 4a. 1863. October 9.

5h 55m Barom. 29,954 inches Therm. am Barom. 57,0  
8 49 " 29,970 " 59,6

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00468463 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 7h 44' 22" 5 | 50' 9 | 19,80                                       | 59,45 | 7h 44' 22" 4930        | - 0,0070 |
| 427                      | 51 31 5      | 47 3  | 18,40                                       | 31    | 51 31 5001             | + 0,0001 |
| 854                      | 58 40 5      | 43 1  | 16,75                                       | 17    | 58 40 5062             | + 0,0062 |
| 1280                     | 8 5 48 5     | 39 3  | 15,28                                       | 04    | 8 5 48 5063            | + 0,0063 |
| 1705                     | 12 55 5      | 36 1  | 14,05                                       | 58,90 | 12 55 5009             | + 0,0009 |
| 2130                     | 20 2 5       | 35 3  | 13,75                                       | 91    | 20 2 4950              | - 0,0050 |
| 2557                     | 27 11 5      | 30 5  | 11,85                                       | 93    | 27 11 4981             | - 0,0019 |
| 2984                     | 34 20 5      | 28 3  | 11,00                                       | 94    | 34 20 5007             | + 0,0007 |
| 3410                     | 41 28 5      | 26 1  | 10,15                                       | 96    | 41 28 4985             | - 0,0015 |
| 3837                     | 48 37 5      | 24 8  | 9,63                                        | 97    | 48 37 5007             | + 0,0007 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.                 | E.                | Gemessene Länge                | 1000,6298 mm |
|--------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 40,08 R            | 57,73 <sup>0</sup> | 57,4 <sup>0</sup> | Korr. für 57,99 <sup>0</sup>   | + 0,3909     |
| Ende   | 37,71              | 58,4               | 58,4              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0207    |
| Mittel | 38,90              | 58,07              | 57,9              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00468463 U. Z. = 1,00468756 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,2000 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1740 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0207  
 1,0053 mm + 1,0092 mm ε



## Versuch 5a. 1863. October 10.

6h 0m Barom. 29,895 inches Therm. am Barom. 56,95  
 8 43 " 29,914 " " 58,75

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00494608 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 6h 27' 31" 5 | 73' 4 | 28,55                                    | 57,79 | 6h 27' 31" 5036        | + 0,0036 |
| 402                      | 34 15 5      | 65 5  | 25,48                                    | 86    | 34 15 4998             | - 0,0002 |
| 805                      | 41 0 5       | 58 3  | 22,70                                    | 57,92 | 41 0 4990              | - 0,0010 |
| 1208                     | 47 45 5      | 52 7  | 20,50                                    | 57,99 | 47 45 4967             | - 0,0033 |
| 1612                     | 54 31 5      | 46 2  | 17,95                                    | 58,05 | 54 31 4980             | - 0,0020 |
| 2016                     | 7 1 16 5     | 41 6  | 16,18                                    | 12    | 7 1 16 4984            | - 0,0016 |
| 2421                     | 8 3 5        | 36 7  | 14,28                                    | 15    | 8 3 5030               | + 0,0030 |
| 2825                     | 14 49 5      | 33 3  | 12,95                                    | 18    | 14 49 5021             | + 0,0021 |
| 3229                     | 21 35 5      | 29 8  | 11,60                                    | 21    | 21 35 5007             | + 0,0007 |
| 3633                     | 28 21 5      | 26 6  | 10,35                                    | 24    | 28 21 4990             | - 0,0010 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. E. |       |       | Gemessene Länge                | 1000,6389 mm |
|--------------------------|-------|-------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                   | 39,4R | 58,40 | Korr. für 58,28°               | + 0,3938     |
| Ende                     | 39,53 | 58,17 | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0327    |
| Mittel                   | 39,46 | 58,28 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00494608 U. Z. = 1,00493651 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6968 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2525 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0327  
 1,4116 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 5c'. 1863. October 10.

6h 0m Barom. 29,895 inches Therm. am Barom. 56,95  
 8 43 " 29,914 " " 58,75

| Mittel der Beobachtungen |              |       | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00495522 | Fehler   |
|--------------------------|--------------|-------|------------------------------------------|-------|------------------------|----------|
| 0                        | 7h 41' 23" 0 | 64' 1 | 24,95                                    | 58,62 | 7h 41' 22" 9978        | - 0,0022 |
| 402,5                    | 48 7 5       | 58 1  | 22,58                                    | 63    | 48 7 4994              | - 0,0006 |
| 805,5                    | 54 52 5      | 51 7  | 20,10                                    | 63    | 54 52 5021             | + 0,0021 |
| 1208,5                   | 8 1 37 5     | 46 5  | 18,08                                    | 64    | 8 1 37 5034            | + 0,0034 |
| 1610,5                   | 8 21 5       | 41 2  | 16,03                                    | 65    | 8 21 4987              | - 0,0013 |
| 2014,5                   | 15 7 5       | 37 2  | 14,45                                    | 65    | 15 7 5031              | + 0,0031 |
| 2416,5                   | 21 51 5      | 33 0  | 12,85                                    | 66    | 21 51 4969             | - 0,0031 |
| 2819,5                   | 28 36 5      | 29 6  | 11,50                                    | 66    | 28 36 4952             | - 0,0048 |
| 3224,5                   | 35 33 5      | 26 9  | 10,45                                    | 67    | 35 33 5030             | + 0,0030 |
| 3627,5                   | 42 8 5       | 24 3  | 9,45                                     | 67    | 42 8 5005              | + 0,0005 |

## Messung der Länge des Pendels.

| Mikrometerschraube D. E. |       |       | Gemessene Länge                | 1000,6389 mm |
|--------------------------|-------|-------|--------------------------------|--------------|
| Anfang                   | 39,4R | 58,40 | Korr. für 58,28°               | + 0,3938     |
| Ende                     | 39,53 | 58,17 | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0327    |
| Mittel                   | 39,46 | 58,28 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00495522 U. Z. = 1,00494565 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,7153 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2525 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0327  
 1,4301 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 7a. 1863. October 11.

6h 10m Barom. 29,831 inches Therm. am Barom. 56,75  
8 58 " 29,880 " 59,1

|      | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00468659 | Fehler                   |
|------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0    | 6h 34' 40" 5             | 63' 0                                       | 24,50 57,19            | 6h 34' 40" 5017 + 0,0017 |
| 425  | 41 47 5                  | 57 9                                        | 22,53 31               | 41 47 4991 - 0,0009      |
| 851  | 48 55 5                  | 53 1                                        | 20,65 43               | 48 55 4997 - 0,0003      |
| 1277 | 56 3 5                   | 49 2                                        | 19,13 54               | 56 3 4994 - 0,0006       |
| 1704 | 7 3 12 5                 | 45 2                                        | 17,60 66               | 7 3 12 5031 + 0,0031     |
| 2129 | 10 19 5                  | 43 1                                        | 16,75 78               | 10 19 4969 - 0,0031      |
| 2556 | 17 28 5                  | 38 4                                        | 14,95 91               | 17 28 4999 - 0,0001      |
| 2982 | 24 36 5                  | 35 7                                        | 13,88 58,03            | 24 36 4978 - 0,0022      |
| 3409 | 31 45 5                  | 33 1                                        | 12,85 15               | 31 45 5002 ± 0,0000      |
| 3836 | 38 54 5                  | 30 5                                        | 11,85 28               | 38 54 5024 + 0,0024      |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube D. | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,6430 mm |
|--------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 39,55 R               | 57,83 <sup>0</sup> | Korr. für 57,98 <sup>0</sup>   | + 0,3908     |
| Ende   | 39,88                 | 58,47              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0338    |
| Mittel | 39,71                 | 58,15              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00468659 U. Z. = 1,00467158 M. Z.

|                                           |              |               |
|-------------------------------------------|--------------|---------------|
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels | 1002,1681 mm | + 1,0094 mm ε |
| Reduktion auf den leeren Raum             | - 0,1735     | - 0,0002      |
| Entfernung der Messerschneiden            | 1001,0338    |               |

0,9608 mm + 1,0092 mm ε

## Versuch 5c. 1863. October 11.

6h 10m Barom. 29,831 inches Therm. am Barom. 56,75  
8 58 " 29,880 " 59,10

|        | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00467878 | Fehler                   |
|--------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0      | 7h 53' 27" 5             | 63' 5                                       | 24,70 59,40            | 7h 53' 27" 5022 + 0,0022 |
| 426    | 8 0 35 5                 | 58 2                                        | 22,65 35               | 8 0 35 5051 + 0,0051     |
| 851    | 7 42 5                   | 53 2                                        | 20,68 30               | 7 42 5018 + 0,0018       |
| 1276   | 14 49 5                  | 49 2                                        | 19,15 25               | 14 49 4951 - 0,0049      |
| 1702   | 21 57 5                  | 45 3                                        | 17,63 20               | 21 57 4942 - 0,0058      |
| 2129   | 29 6 5                   | 41 5                                        | 16,13 15               | 29 6 4972 - 0,0028       |
| 2556   | 36 15 5                  | 38 6                                        | 15,03 16               | 36 15 4995 - 0,0005      |
| 2983   | 43 24 5                  | 35 6                                        | 13,85 17               | 43 24 5013 + 0,0013      |
| 3409   | 50 32 5                  | 33 3                                        | 12,95 17               | 50 32 4980 - 0,0020      |
| 3837,5 | 57 43 0                  | 30 5                                        | 11,85 18               | 57 43 5061 + 0,0061      |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube D. | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,6430 mm |
|--------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 39,55 R               | 57,83 <sup>0</sup> | Korr. für 57,98 <sup>0</sup>   | + 0,3908     |
| Ende   | 39,88                 | 58,47              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0338    |
| Mittel | 39,71                 | 58,15              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467878 U. Z. = 1,00466377 M. Z.

|                                           |              |               |
|-------------------------------------------|--------------|---------------|
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels | 1002,1524 mm | + 1,0094 mm ε |
| Reduktion auf den leeren Raum             | - 0,1735     | - 0,0002      |
| Entfernung der Messerschneiden            | 1001,0338    |               |

0,9451 mm + 1,0092 mm ε



## Versuch 6b'. 1863. October 12.

6h 5m Barom. 29,609 inches Therm. am Barom. 56,8  
8 46 " 29,613 " " 59,4

|        | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00492040 | Fehler   |
|--------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------|
| 0      | 6h 31' 9" 5              | 67' 7                                       | 6h 31' 9" 4982         | - 0,0018 |
| 405    | 37 56 5                  | 61 1                                        | 37 56 4995             | - 0,0005 |
| 812    | 44 45 5                  | 54 3                                        | 44 45 5089             | + 0,0089 |
| 1215   | 51 30 5                  | 48 7                                        | 51 30 4971             | - 0,0029 |
| 1621   | 58 18 5                  | 42 7                                        | 58 18 4990             | - 0,0010 |
| 2026   | 7 5 5                    | 38 8                                        | 7 5 5 4950             | - 0,0050 |
| 2433   | 11 54 5                  | 34 8                                        | 11 54 5005             | + 0,0005 |
| 2839   | 18 42 5                  | 31 2                                        | 18 42 5004             | + 0,0004 |
| 3245   | 25 30 5                  | 27 9                                        | 25 30 5000             | + 0,0000 |
| 3651,5 | 32 19 0                  | 25 4                                        | 32 19 5018             | + 0,0018 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.                 | E.                 | Gemessene Länge                | 1000,6243 mm |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 38,88 R            | 57,88 <sup>0</sup> | 57,65 <sup>0</sup> | Korr. für 57,77 <sup>0</sup>   | + 0,3887     |
| Ende   | 38,23              | 57,9               | 57,67              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0130    |
| Mittel | 38,56              | 57,89              | 57,66              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492040 U. Z. = 1,00491554 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6647 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2499 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0130  
 1,4018 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 5a'. 1863. October 12.

6h 5m Barom. 29,609 inches Therm. am Barom. 56,8  
8 46 " 29,603 " " 59,4

|      | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00492277 | Fehler   |
|------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------|
| 0    | 7h 43' 58" 5             | 65' 5                                       | 7h 43' 58" 5006        | + 0,0006 |
| 404  | 50 44 5                  | 58 2                                        | 50 44 4989             | - 0,0011 |
| 809  | 57 31 5                  | 51 3                                        | 57 31 5003             | + 0,0003 |
| 1214 | 8 4 18 5                 | 45 9                                        | 8 4 18 5004            | + 0,0004 |
| 1619 | 11 5 5                   | 40 7                                        | 11 5 4993              | - 0,0007 |
| 2025 | 17 53 5                  | 36 5                                        | 17 53 5022             | + 0,0022 |
| 2430 | 24 40 5                  | 32 8                                        | 24 40 4995             | - 0,0005 |
| 2836 | 31 28 5                  | 28 9                                        | 31 28 4965             | - 0,0035 |
| 3243 | 38 17 5                  | 26 3                                        | 38 17 5031             | + 0,0031 |
| 3648 | 45 4 5                   | 23 9                                        | 45 4 4995              | - 0,0005 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.                 | E.                 | Gemessene Länge                | 1001,6243 mm |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 38,88 R            | 57,88 <sup>0</sup> | 57,65 <sup>0</sup> | Korr. für 57,77 <sup>0</sup>   | + 0,3887     |
| Ende   | 38,23              | 57,9               | 57,67              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0130    |
| Mittel | 38,56              | 57,89              | 57,66              |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492277 U. Z. = 1,00491791 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6600 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2499 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0130  
 1,3971 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 7b'. 1863. October 13.

6h 8m Barom. 29,835 inches Therm. am Barom. 56,1  
 8 48 " 29,885 " " 58,0

|      | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00492403 | Fehler   |
|------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------|
| 0    | 6h 35' 50" 5             | 66' 8                                       | 6h 35' 50" 5020        | + 0,0020 |
| 404  | 42 36 5                  | 60 5                                        | 42 36 4988             | - 0,0012 |
| 809  | 49 23 5                  | 53 5                                        | 49 23 4991             | - 0,0009 |
| 1214 | 56 10 5                  | 47 8                                        | 56 10 4982             | - 0,0018 |
| 1620 | 7 2 58 5                 | 42 7                                        | 7 2 58 5014            | + 0,0014 |
| 2025 | 9 45 5                   | 38 6                                        | 9 45 4990              | - 0,0010 |
| 2431 | 16 33 5                  | 34 7                                        | 16 33 5010             | + 0,0010 |
| 2837 | 23 21 5                  | 30 8                                        | 23 21 5025             | + 0,0025 |
| 3242 | 30 8 5                   | 28 0                                        | 30 8 4987              | - 0,0013 |
| 3648 | 36 56 5                  | 24 9                                        | 36 56 4996             | - 0,0004 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.    | E.    | Gemessene Länge                | 1000,6227 mm |
|--------|--------------------|-------|-------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 37,64R             | 56,90 | 56,70 | Korr. für 56,790               | + 0,3787     |
| Ende   | 39,28              | 56,75 | 56,8  | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0014    |
| Mittel | 38,46              | 56,83 | 56,75 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492403 U. Z. = 1,00491540 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6647 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2525 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0014  
 1,4108 mm + 1,0096 mm ε

## Versuch 6a'. 1863. October 13.

6h 8m Barom. 29,835 inches Therm. am Barom. 56,1  
 8 48 " 29,885 " " 58,0

|      | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur | Rechnung<br>1,00492037 | Fehler   |
|------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------|
| 0    | 7h 45' 12" 5             | 67' 9                                       | 7h 45' 12" 5002        | + 0,0002 |
| 404  | 51 58 5                  | 60 8                                        | 51 58 4995             | - 0,0005 |
| 809  | 58 45 5                  | 53 3                                        | 58 45 5015             | + 0,0015 |
| 1214 | 8 5 32 5                 | 47 8                                        | 8 5 32 5017            | + 0,0017 |
| 1619 | 12 19 5                  | 42 4                                        | 12 19 5006             | + 0,0006 |
| 2023 | 19 5 5                   | 38 2                                        | 19 5 4932              | - 0,0068 |
| 2430 | 25 54 5                  | 34 1                                        | 25 54 5001             | + 0,0001 |
| 2836 | 32 42 5                  | 30 7                                        | 32 42 5016             | + 0,0016 |
| 3242 | 39 30 5                  | 27 5                                        | 39 30 5028             | + 0,0028 |
| 3647 | 46 17 5                  | 24 6                                        | 46 17 4989             | - 0,0011 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube | D.    | E.    | Gemessene Länge                | 1000,6227 mm |
|--------|--------------------|-------|-------|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 37,64R             | 56,90 | 56,70 | Korr. für 56,790               | + 0,3787     |
| Ende   | 39,28              | 56,75 | 56,8  | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0014    |
| Mittel | 38,46              | 56,83 | 56,75 |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00492037 U. Z. = 1,00491174 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,6473 mm + 1,0099 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,2525 - 0,0003  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0014  
 1,3934 mm + 1,0096 mm ε



## Versuch 8a. 1863. October 14.

6h 8m Barom. 29,933 inches Therm. am Barom. 56,75  
 8 54 " 29,966 " " 58,55

| Mittel der Beobachtungen |    |     |        | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00467064 | Fehler           |          |
|--------------------------|----|-----|--------|---------------------------------------------|-------|------------------------|------------------|----------|
| 0                        | 1h | 34' | 34'' 5 | 72' 0                                       | 28,00 | 58,04                  | 6h 34' 34'' 4944 | — 0,0056 |
| 426                      |    | 41  | 42 5   | 66 1                                        | 25,73 | 57,95                  | 41 42 5012       | + 0,0012 |
| 853                      |    | 48  | 51 5   | 61 6                                        | 23,95 | 86                     | 48 51 5040       | + 0,0040 |
| 1279,5                   |    | 56  | 0 0    | 56 1                                        | 21,83 | 77                     | 56 0 0030        | + 0,0030 |
| 1706,5                   | 7  | 3   | 9 0    | 51 7                                        | 20,10 | 68                     | 7 3 9 0027       | + 0,0027 |
| 2133                     |    | 10  | 18 5   | 47 5                                        | 18,48 | 78                     | 10 18 4993       | — 0,0007 |
| 2560                     |    | 17  | 27 5   | 43 6                                        | 16,95 | 88                     | 17 27 4973       | — 0,0027 |
| 2987                     |    | 24  | 36 5   | 40 3                                        | 15,68 | 97                     | 24 36 4951       | — 0,0049 |
| 3416                     |    | 31  | 47 5   | 37 1                                        | 14,43 | 58,07                  | 31 47 5018       | + 0,0018 |
| 3843,5                   |    | 38  | 57 0   | 33 9                                        | 13,20 | 17                     | 38 57 0010       | + 0,0010 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube |        | D.     | E. | Gemessene Länge                | 1000,6227 mm |
|--------|--------------------|--------|--------|----|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 38,55 R            | 57,83° | 57,55° |    | Korr. für 57,66°               | + 0,3876     |
| Ende   | 38,36              | 57,68  | 57,58  |    | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0103    |
| Mittel | 38,46              | 57,76  | 57,57  |    |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467064 U. Z. = 1,00466285 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1510 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum — 0,1741 — 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0103  
 0,9666 mm + 1,0092 mm ε

## Versuch 6c. 1863. October 14.

6h 8m Barom. 29,933 inches Therm. am Barom. 56,75  
 8 54 " 29,966 " " 58,55

| Mittel der Beobachtungen |                    |         |       | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |       | Rechnung<br>1,00466887      | Fehler   |
|--------------------------|--------------------|---------|-------|---------------------------------------------|-------|-----------------------------|----------|
| 0                        | 7 <sup>h</sup> 48' | 0'' 5   | 70' 8 | 27,55                                       | 58,95 | 7 <sup>h</sup> 48' 0'' 4942 | — 0,0058 |
| 427                      |                    | 55 9 5  | 64 5  | 25,10                                       | 90    | 55 9 4998                   | — 0,0002 |
| 1278                     | 8                  | 9 24 5  | 55 0  | 21,38                                       | 83    | 8 9 24 5049                 | + 0,0049 |
| 1704                     |                    | 16 32 5 | 51 2  | 19,90                                       | 80    | 16 32 5015                  | + 0,0015 |
| 2131                     |                    | 23 41 5 | 47 3  | 18,40                                       | 77    | 23 41 5017                  | + 0,0017 |
| 2558                     |                    | 30 50 5 | 43 1  | 16,78                                       | 75    | 30 50 5011                  | + 0,0011 |
| 2986                     |                    | 38 0 5  | 39 5  | 15,38                                       | 73    | 38 0 5043                   | + 0,0043 |
| 3411                     |                    | 45 7 5  | 36 6  | 14,25                                       | 71    | 45 7 4929                   | — 0,0071 |
| 3840                     |                    | 52 18 5 | 33 5  | 13,05                                       | 69    | 52 18 4998                  | — 0,0002 |

## Messung der Länge des Pendels.

|        | Mikrometerschraube |        | D.     | E. | Gemessene Länge                | 1000,6227 mm |
|--------|--------------------|--------|--------|----|--------------------------------|--------------|
| Anfang | 38,55 R            | 57,83° | 57,55° |    | Korr. für 57,66°               | + 0,3876     |
| Ende   | 38,36              | 57,68  | 57,58  |    | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0103    |
| Mittel | 38,46              | 57,76  | 57,57  |    |                                |              |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00466887 U. Z. = 1,00466108 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1473 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum — 0,1741 — 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0012  
 0,9629 mm + 1,0092 mm ε



## Versuch 5a. 1863. October 15.

|                          |            | 6h 35m                                   | Barom. | 29,829 inches          | Therm. am Barom. | 57,2     |  |  |
|--------------------------|------------|------------------------------------------|--------|------------------------|------------------|----------|--|--|
|                          |            | 9 24                                     | "      | 29,862 "               | "                | 59,1     |  |  |
| Mittel der Beobachtungen |            | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00466993 |                  | Fehler   |  |  |
| 0                        | 7h 5' 5" 5 | 69' 0                                    | 26,85  | 58,52                  | 7h 5' 5" 5017    | + 0,0017 |  |  |
| 426                      | 12 13 5    | 64 1                                     | 24,93  | 50                     | 12 13 4996       | - 0,0004 |  |  |
| 852                      | 19 21 5    | 58 9                                     | 22,90  | 48                     | 19 21 4960       | - 0,0040 |  |  |
| 1280                     | 26 31 5    | 54 4                                     | 21,15  | 47                     | 26 31 5005       | + 0,0005 |  |  |
| 1707                     | 33 40 5    | 50 0                                     | 19,45  | 45                     | 33 40 4994       | - 0,0006 |  |  |
| 2135                     | 40 50 5    | 46 1                                     | 17,93  | 43                     | 40 50 5018       | + 0,0018 |  |  |
| 2562                     | 47 59 5    | 42 0                                     | 16,33  | 52                     | 47 59 4987       | - 0,0013 |  |  |
| 2990                     | 55 9 5     | 38 9                                     | 15,15  | 61                     | 55 9 4999        | - 0,0001 |  |  |
| 3418                     | 8 2 19 5   | 36 0                                     | 14,00  | 70                     | 8 2 19 5007      | + 0,0007 |  |  |
| 3846                     | 9 29 5     | 33 1                                     | 12,88  | 79                     | 9 29 5012        | + 0,0012 |  |  |

| Messung der Länge des Pendels. |         |                    |                    |                                |           |
|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------|
| Mikrometerschraube D.          |         | E.                 | Gemessene Länge    | 1000,6115 mm                   |           |
| Anfang                         | 37,26 R | 58,73 <sup>0</sup> | 58,33 <sup>0</sup> | Korr. für 58,64 <sup>0</sup>   | + 0,3974  |
| Ende                           | 38,28   | 58,67              | 58,83              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0089 |
| Mittel                         | 37,77   | 58,70              | 58,58              |                                |           |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00466993 U. Z. = 1,00461909 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1630 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1736 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0089  
 0,9805 mm + 1,0092 mm ε

## Versuch 8b. 1863. October 15.

|                          |              | 6h 35m                                   | Barom. | 29,829 inches          | Therm. am Barom. | 57,2     |  |  |
|--------------------------|--------------|------------------------------------------|--------|------------------------|------------------|----------|--|--|
|                          |              | 9 24                                     | "      | 29,862 "               | "                | 59,1     |  |  |
| Mittel der Beobachtungen |              | Schwingsweite und<br>mittlere Temperatur |        | Rechnung<br>1,00467739 |                  | Fehler   |  |  |
| 0                        | 8h 17' 53" 5 | 53' 3                                    | 21,53  | 59,41                  | 8h 17' 53" 4959  | - 0,0041 |  |  |
| 427                      | 25 2 5       | 51 1                                     | 19,88  | 26                     | 25 2 4999        | - 0,0001 |  |  |
| 854                      | 32 11 5      | 46 9                                     | 18,25  | 12                     | 32 11 5026       | + 0,0026 |  |  |
| 1280,5                   | 39 20 0      | 43 4                                     | 16,88  | 58,98                  | 39 20 0018       | + 0,0018 |  |  |
| 1707,5                   | 46 29 0      | 39 3                                     | 15,30  | 84                     | 46 29 0024       | + 0,0024 |  |  |
| 2134,5                   | 53 38 0      | 36 8                                     | 14,30  | 70                     | 53 38 0021       | + 0,0021 |  |  |
| 2461                     | 9 0 47 5     | 34 5                                     | 13,43  | 55                     | 9 0 47 4986      | - 0,0014 |  |  |
| 2888                     | 7 56 5       | 31 9                                     | 12,40  | 41                     | 7 56 4969        | - 0,0031 |  |  |
| 3316                     | 15 6 5       | 30 0                                     | 11,68  | 27                     | 15 6 4991        | - 0,0009 |  |  |
| 3744                     | 22 16 5      | 27 1                                     | 10,53  | 13                     | 22 16 5008       | + 0,0008 |  |  |

| Messung der Länge des Pendels. |         |                    |                    |                                |           |
|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------|
| Mikrometerschraube D.          |         | E.                 | Gemessene Länge    | 1000,6115 mm                   |           |
| Anfang                         | 37,26 R | 58,73 <sup>0</sup> | 58,33 <sup>0</sup> | Korr. für 58,64 <sup>0</sup>   | + 0,3974  |
| Ende                           | 38,28   | 58,67              | 58,83              | Entfernung der Messerschneiden | 1001,0089 |
| Mittel                         | 37,77   | 58,70              | 58,58              |                                |           |

Beobachtete Schwingungszeit = 1,00467739 U. Z. = 1,00467655 M. Z.  
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1002,1783 mm + 1,0094 mm ε  
 Reduktion auf den leeren Raum - 0,1736 - 0,0002  
 Entfernung der Messerschneiden 1001,0087  
 0,9958 mm + 1,0092 mm ε



## Versuch 7a'. 1863. October 16.

|                                                                   |                          |                                             |                                |                           |                        |       |          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------|-------|----------|
|                                                                   | 6h 32m                   | Barom.                                      | 29,748 inches                  | Therm.                    | am Barom.              | 59,75 |          |
|                                                                   | 9 4                      | "                                           | 29,737 "                       | "                         | "                      | 60,25 |          |
|                                                                   | Mittel der Beobachtungen | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |                                |                           | Rechnung<br>1,00493230 |       | Fehler   |
| 0                                                                 | 6h 50' 56" 5             | 65' 2                                       | 25,38                          | 59,07                     | 6h 50' 56" 5005        |       | + 0,0005 |
| 404                                                               | 57 42 5                  | 57 8                                        | 22,48                          | 13                        | 57 42 4991             |       | - 0,0009 |
| 807                                                               | 7 4 27 5                 | 51 4                                        | 20,00                          | 18                        | 7 4 27 4911            |       | - 0,0089 |
| 1212                                                              | 11 14 5                  | 45 7                                        | 17,78                          | 24                        | 11 14 5119             |       | + 0,0119 |
| 1613                                                              | 17 57 5                  | 41 0                                        | 15,95                          | 29                        | 17 57 4919             |       | - 0,0081 |
| 2021                                                              | 24 47 5                  | 36 6                                        | 14,25                          | 35                        | 24 47 5058             |       | + 0,0058 |
| 2426                                                              | 31 34 5                  | 33 3                                        | 12,95                          | 41                        | 31 34 5043             |       | + 0,0043 |
| 2831                                                              | 38 21 5                  | 29 4                                        | 11,45                          | 46                        | 38 21 5025             |       | + 0,0025 |
| 3235                                                              | 45 7 5                   | 26 5                                        | 10,30                          | 52                        | 45 7 4954              |       | - 0,0046 |
| 3641                                                              | 51 55 5                  | 24 3                                        | 9,45                           | 57                        | 51 55 4980             |       | - 0,0020 |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |                          |                                             |                                |                           |                        |       |          |
|                                                                   | Mikrometerschraube D.    | E.                                          | Gemessene Länge                |                           | 1000,6078 mm           |       |          |
|                                                                   |                          |                                             | Korr. für 59,35 <sup>0</sup>   |                           | + 0,4049               |       |          |
| Anfang                                                            | 36,75 R                  | 59,10                                       | Entfernung der Messerschneiden |                           | 1001,0127              |       |          |
| Ende                                                              | 38,33                    | 59,85                                       |                                |                           |                        |       |          |
| Mittel                                                            | 37,54                    | 59,48                                       |                                |                           |                        |       |          |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00493230 U. Z. = 1,00493760 M. Z. |                          |                                             |                                |                           |                        |       |          |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |                          |                                             | 1002,6986 mm                   | + 1,0099 mm $\varepsilon$ |                        |       |          |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |                          |                                             | - 0,2500                       | - 0,0003                  |                        |       |          |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |                          |                                             | 1001,0127                      |                           |                        |       |          |
|                                                                   |                          |                                             | 1,4359 mm                      | + 1,0096 mm $\varepsilon$ |                        |       |          |

## Versuch 6c'. 1863. October 16.

|                                                                   |             |                   |                                             |              |                                |       |              |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------------------------|--------------|--------------------------------|-------|--------------|
|                                                                   | 6h 32m      | Barom.            | 29,748 inches                               | Therm.       | am Barom.                      | 59,75 |              |
|                                                                   | 9 4         | "                 | 29,737 "                                    | "            | "                              | 60,25 |              |
| Mittel der Beobachtungen                                          |             |                   | Schwingungsweite und<br>mittlere Temperatur |              | Rechnung<br>1,00494207         |       | Fehler       |
| 0                                                                 | 8h 1' 21" 5 | 59' 1             | 23,00                                       | 60,40        | 8h 1' 21" 4981                 |       | - 0,0019     |
| 404                                                               | 8 7 5       | 53 3              | 20,73                                       | 34           | 8 7 5018                       |       | + 0,0018     |
| 807                                                               | 14 52 5     | 47 9              | 18,63                                       | 29           | 14 52 4993                     |       | - 0,0007     |
| 1211                                                              | 21 38 5     | 42 0              | 16,35                                       | 23           | 21 38 5001                     |       | + 0,0001     |
| 1615                                                              | 28 24 5     | 38 6              | 15,00                                       | 18           | 28 24 5000                     |       | + 0,0000     |
| 2019                                                              | 35 10 5     | 33 9              | 13,18                                       | 12           | 35 10 4994                     |       | - 0,0006     |
| 2424                                                              | 41 57 5     | 30 7              | 11,95                                       | 13           | 41 57 5020                     |       | + 0,0020     |
| 2828                                                              | 48 43 5     | 27 8              | 10,80                                       | 13           | 48 43 5003                     |       | + 0,0003     |
| 3233                                                              | 55 30 5     | 24 9              | 9,70                                        | 14           | 55 30 5032                     |       | + 0,0032     |
| 3636                                                              | 9 2 15 5    | 22 6              | 8,80                                        | 14           | 9 2 15 4957                    |       | - 0,0043     |
| Messung der Länge des Pendels.                                    |             |                   |                                             |              |                                |       |              |
| Mikrometerschraube D.                                             |             |                   | E.                                          |              | Gemessene Länge                |       | 1000,6078 mm |
|                                                                   |             |                   |                                             |              | Korr. für 59,35 <sup>0</sup>   |       | + 0,4049     |
|                                                                   |             |                   |                                             |              | Entfernung der Messerschneiden |       | 1001,0127    |
| Anfang                                                            | 36,75 R     | 59,1 <sup>0</sup> | 58,83 <sup>0</sup>                          |              |                                |       |              |
| Ende                                                              | 38,33       | 59,85             | 59,60                                       |              |                                |       |              |
| Mittel                                                            | 37,54       | 59,48             | 59,22                                       |              |                                |       |              |
| Beobachtete Schwingungszeit = 1,00494207 U. Z. = 1,00494737 M. Z. |             |                   |                                             |              |                                |       |              |
| Entsprechende Länge des einfachen Pendels                         |             |                   |                                             | 1002,7185 mm | + 1,0099 mm $\epsilon$         |       |              |
| Reduktion auf den leeren Raum                                     |             |                   |                                             | - 0,2500     | - 0,0003                       |       |              |
| Entfernung der Messerschneiden                                    |             |                   |                                             | 1001,0127    |                                |       |              |
|                                                                   |             |                   |                                             | 1,4558 mm    | + 1,0096 mm $\epsilon$         |       |              |



## II. Vergleichen der Uhr, welche zu den Koinzidenzen benutzt wurde, mit den Uhren des Observatoriums in Melbourne.

Wie schon im Laufe der vorstehenden Abhandlung mitgetheilt, wurde die zu den Koinzidenzen benützte Uhr mittelst elektrischem Signale mit der Zeit auf der Sternwarte nach den dortigen Uhren verglichen. Wie schon aus den unten folgenden Original-Vergleichungen hervorgeht, zeigte sich Vergleichungs- und Koinzidenz Uhr als durchaus zuverlässig.

Es ist nun zu erwähnen, dass aus den vorliegenden Vergleichen für jede Beobachtungsreihe der mittlere stündliche Gang der Uhr, der zur Mitte der Koinzidenzreihe gehört, aus drei Uhrständen abgeleitet wurde, von denen die beiden äusseren die Beobachtungsreihe zunächst einschliessen.

Ist der stündliche Gang bestimmt, so ist die wegen des Ganges der Uhr verbesserte Schwingungszeit, wenn wir die unverbesserte mit  $t'$ , den stündlichen Gang der Uhr mit  $a$  bezeichnen:

$$t = t' + \frac{a}{3600} t' = t' \left[ 1 + \frac{a}{3600} \right].$$

Vom Juli 23. bis September 1. ist der Gang der Uhr gleich 0 angenommen worden. Im Uebrigen ist zum Verständniss der nachfolgenden Tabellen nichts zu bemerken.

### Vergleichung der Uhr im Pendelzimmer mit mittlerer Zeit des Observatoriums Melbourne.

| Datum        | Uhrzeit | Stand:<br>Uhrkorrection | Datum        | Uhrzeit | Stand:<br>Uhrkorrection |
|--------------|---------|-------------------------|--------------|---------|-------------------------|
| 1863         | h       | sec.                    | 1863         | h       | sec.                    |
| August 31.   | 1 p. m. | — 3,15                  | September 9. | 5 p. m. | — 2,99                  |
| September 1. | 1 "     | — 3,05                  | " 9.         | 8 "     | — 3,45                  |
| " 1.         | 5 "     | — 3,06                  | " 10.        | 1 "     | — 3,49                  |
| " 1.         | 8 "     | — 3,15                  | " 11.        | 9 a. m. | — 3,45                  |
| " 2.         | 1 "     | — 3,24                  | " 11.        | 8 p. m. | — 3,12                  |
| " 2.         | 5 "     | — 3,21                  | " 12.        | 1 "     | — 3,04                  |
| " 2.         | 8 "     | — 3,16                  | " 12.        | 3 "     | — 2,84                  |
| " 3.         | 1 "     | — 3,30                  | " 13.        | 9 a. m. | — 2,97                  |
| " 4.         | 1 "     | — 3,66                  | " 14.        | 1 p. m. | — 3,01                  |
| " 4.         | 5 "     | — 3,70                  | " 15.        | 9 a. m. | — 2,87                  |
| " 4.         | 8 "     | — 3,68                  | " 15.        | 1 p. m. | — 2,54                  |
| " 5.         | 1 "     | — 3,26                  | " 15.        | 7 "     | — 2,48                  |
| " 5.         | 5 "     | — 3,04                  | " 16.        | 1 "     | — 2,39                  |
| " 5.         | 8 "     | — 3,22                  | " 16.        | 5 "     | — 2,51                  |
| " 7.         | 9 a. m. | — 3,27                  | " 16.        | 8 "     | — 2,65                  |
| " 7.         | 1 p. m. | — 3,20                  | " 17.        | 1 "     | — 2,51                  |
| " 7.         | 5 "     | — 3,30                  | " 17.        | 5 "     | — 2,44                  |
| " 7.         | 8 "     | — 3,30                  | " 18.        | 9 a. m. | — 2,34                  |
| " 8.         | 1 "     | — 3,15                  | " 18.        | 1 p. m. | — 2,26                  |
| " 9.         | 9 a. m. | — 3,22                  | " 18.        | 8 "     | — 2,13                  |
| " 9.         | 1 p. m. | — 3,08                  | " 19.        | 9 a. m. | — 1,89                  |



| Datum         | Uhrzeit | Stand:<br>Uhrkorrection | Datum                                                              | Uhrzeit | Stand:<br>Uhrkorrection |
|---------------|---------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------|
| 1863          | h       | sec.                    | 1863                                                               | h       | sec.                    |
| September 19. | 3 p. m. | - 1,95                  | October 5.                                                         | 1 p. m. | - 1,22                  |
| " 19.         | 8 "     | - 2,55                  | " 6.                                                               | 1 p. m. | - 1,25                  |
| " 20.         | 3 "     | - 1,55                  | " 7.                                                               | 9 a. m. | - 1,34                  |
| " 21.         | 1 "     | - 1,25                  | Die Uhr ist nicht aufgezogen, und Nachmittags<br>stehen geblieben. |         |                         |
| " 21.         | 5 "     | - 1,22                  |                                                                    |         |                         |
| " 22.         | 1 "     | - 1,05                  |                                                                    |         |                         |
| " 22.         | 5 "     | - 1,22                  |                                                                    |         |                         |
| " 22.         | 8 "     | - 1,36                  | October 7.                                                         | 1 p. m. | + 19,52                 |
| " 23.         | 1 "     | - 1,60                  | " 7.                                                               | 7 "     | + 19,54                 |
| " 23.         | 5 "     | - 1,58                  | " 7.                                                               | 8 "     | + 19,55                 |
| " 23.         | 8 "     | - 1,23                  | " 8.                                                               | 5 "     | + 19,26                 |
| " 24.         | 1 "     | - 1,29                  | " 8.                                                               | 8 "     | + 19,35                 |
| " 24.         | 5 "     | - 1,21                  | " 9.                                                               | 1 "     | + 19,36                 |
| " 25.         | 1 "     | - 1,37                  | " 9.                                                               | 8 "     | + 19,53                 |
| " 26.         | 1 "     | - 1,10                  | " 10.                                                              | 1 "     | + 19,05                 |
| " 28.         | 1 "     | - 1,42                  | " 10.                                                              | 8 "     | + 18,79                 |
| " 28.         | 5 "     | - 1,50                  | " 11.                                                              | 8 "     | + 17,56                 |
| " 28.         | 8 "     | - 1,59                  | " 12.                                                              | 1 "     | + 16,59                 |
| " 29.         | 1 "     | - 1,52                  | " 12.                                                              | 5 "     | + 16,17                 |
| " 29.         | 8 "     | - 1,39                  | " 12.                                                              | 8 "     | + 16,11                 |
| " 30.         | 1 "     | - 1,57                  | " 13.                                                              | 1 "     | + 16,14                 |
| " 30.         | 5 "     | - 1,40                  | " 13.                                                              | 8 "     | + 15,91                 |
| " 30.         | 8 "     | - 1,42                  | " 14.                                                              | 1 "     | + 15,49                 |
| October 1.    | 1 "     | - 1,54                  | " 14.                                                              | 5 "     | + 15,48                 |
| " 1.          | 5 "     | - 1,52                  | " 14.                                                              | 8 "     | + 15,39                 |
| " 2.          | 1 "     | - 1,49                  | " 15.                                                              | 1 "     | + 15,19                 |
| " 2.          | 5 "     | - 1,59                  | " 15.                                                              | 5 "     | + 15,11                 |
| " 3.          | 1 "     | - 1,15                  | " 15.                                                              | 9 "     | + 15,10                 |
| " 3.          | 3 "     | - 1,11                  | " 16.                                                              | 1 "     | + 14,99                 |
| " 4.          | 9 a. m. | - 1,25                  | " 16.                                                              | 8,6 "   | + 15,17                 |
| " 4.          | 8 p. m. | - 1,29                  | " 17.                                                              | 1,3 "   | + 15,22                 |



### Ergänzungen und Berichtigungen.

Wenn an dem Kopf der Tabellen die Bezeichnung „Versuch“ a, a', b, b', c, c', d, d', angewandt wird, so beziehen sich die Buchstaben auf die in den Tabellen des Paragraphen XXII Seite 514 dieser Abhandlung, wo die Bedeutung der Buchstaben in Bezug auf die jeweilige Lage des Reversions-Pendels erklärt ist; beispielsweise ist a der Versuch, wenn das leichte Gewicht (A) am Ende der Pendelstange I schwingt und zwar oberhalb des Schwerpunktes mit der Firmabezeichnung nach aussen: (dem Beobachter zugewendet), a' wenn das schwere Gewicht (B) an dem Ende der Pendelstange I und zwar oberhalb des Schwerpunktes mit der Firmabezeichnung nach aussen schwingt und so fort. Die vor den Buchstaben stehenden Zahlen beziehen sich auf die Anzahl der Serien.

Zu Seite 486. Es wird die Höhe des untern Arms des Normal-Heber-Barometers in dem Pendel-Beobachtungszimmer angegeben zu 17,31 m über dem mittleren Niveau des Meeres, und da dieser Arm ungefähr 1 m unter dem Achatlager, worauf das Pendel schwingt, liegt, so wird die Lage des Achatlagers rund 18 m über dem mittleren Niveau des Meeres angegeben.

Ergänzung der Fussnote <sup>2)</sup> zum Vorwort Seite 482: Beschreibung eines Apparates, um den Abstand der Schneiden bei einem Reversions-Pendel zu messen. Von Herrn Simon Stampfer, Professor der praktischen Geometrie am k. k. polytechnischen Institut in Wien. Annalen der Wiener Sternwarte. Band XV.

### Die Tafeln der Abhandlung.

- Tafel 1 . . . Innere Ansicht des Pendelzimmers in Montpellier-Parade-Melbourne.  
 Tafel 2 . . . Grundplan des Pendelzimmers in Montpellier-Parade-Melbourne.  
 Tafel 3 . . . Das Reversions-Pendel mit allen Einzelheiten nach Neumayer-Lohmeier (Bessel's Vorschlag).  
 Tafel 4 . . . Der Vertikal-Komparator von H. Schreiber in Melbourne nach Neumayer's Angabe.  
 Tafel 5 . . . Die geolog. Karte der Station in Melbourne mit den Stationen der magnet. Aufnahme.

### 7 Textfiguren.

- I. Fundirung und Aufstellung der Pendeluhr.  
 II. Fundirung und Anordnung der Pendelaufstellung mit Komparator.  
 III. Cederplatte mit Einmauerung, worauf das Pendel schwingt.  
 IV. Figur zur Erklärung der Bestimmung der mittleren Temperatur des Pendels.  
 V. Zeichnung zur Berechnung des specifischen Gewichtes einzelner Theile der Pendelstange.  
 VI. Zeichnung zur Berechnung des specifischen Gewichtes einzelner Theile der Pendelstange.  
 VII. Figur zur Erklärung der Reduktion der wirklichen Schwingungsweite.



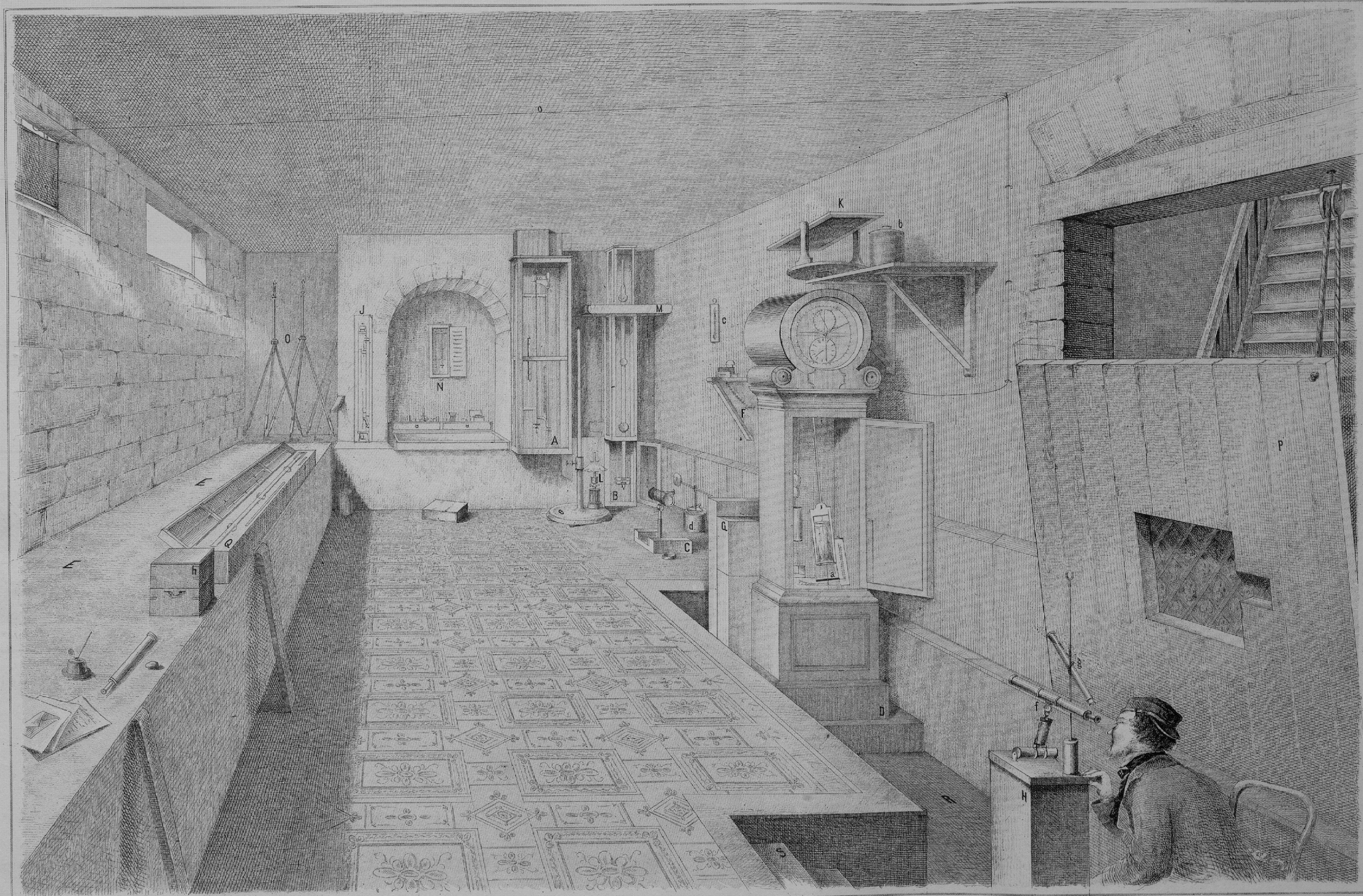
## Inhaltsverzeichniss.

|                                                                                                                                                                                                                                                  | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort                                                                                                                                                                                                                                          | 481   |
| I. Allgemeine Beschreibung eines Apparates zur Bestimmung der Länge des Sekunden-Pendels in Melbourne                                                                                                                                            | 485   |
| II. Herrichtung des Zimmers zur Aufnahme des Apparates                                                                                                                                                                                           | 486   |
| III. Die Pendeluhr und deren Aufstellung                                                                                                                                                                                                         | 487   |
| IV. Allgemeine Beschreibung des Reversions-Pendels                                                                                                                                                                                               | 488   |
| V. Aufstellung des Pendels                                                                                                                                                                                                                       | 490   |
| VI. Der Vertikal-Komparator                                                                                                                                                                                                                      | 493   |
| VII. Das Messen der Pendellänge und die Vergleichung derselben mit dem Maassstab                                                                                                                                                                 | 494   |
| VIII. Der Maassstab und die vorläufigen Ergebnisse der Vergleichungen desselben                                                                                                                                                                  | 495   |
| IX. Das Reversions-Pendel im Einzelnen beleuchtet. Allgemeine Konstruktion und Dimensionen. Ausdehnungs-Koeffizient                                                                                                                              | 497   |
| X. Bestimmung der mittleren Temperatur des Pendels                                                                                                                                                                                               | 498   |
| XI. Bestimmung der Dimensionen, Volumina und Gewichte der einzelnen Theile des Pendels                                                                                                                                                           | 499   |
| XII. Bestimmung des specifischen Gewichtes der einzelnen Theile des Pendels                                                                                                                                                                      | 501   |
| XIII. Gang der Uhr im Pendelzimmer gegen mittlere Zeit                                                                                                                                                                                           | 503   |
| XIV. Ableitung der Schwingungszeit aus den Beobachtungen                                                                                                                                                                                         | 503   |
| XV. Entfernung der Messerschneiden                                                                                                                                                                                                               | 506   |
| XVI. Weise der Beobachtung der Schwingungsweiten und Reduktion derselben                                                                                                                                                                         | 507   |
| XVII. Die der beobachteten Schwingungszeit entsprechende einfache Länge des Pendels                                                                                                                                                              | 508   |
| XVIII. Dichtigkeit der Luft                                                                                                                                                                                                                      | 509   |
| XIX. Reduktion auf den leeren Raum                                                                                                                                                                                                               | 510   |
| XX. Ableitung des Werthes von $s$ und der Pendellänge für Melbourne                                                                                                                                                                              | 510   |
| XXI. Tabellarische Zusammenstellung der Elemente der Berechnung für die einzelnen Beobachtungsreihen und Lagen des Pendels                                                                                                                       | 513   |
| XXII. Die Schluss-Gleichungen                                                                                                                                                                                                                    | 514   |
| XXIII. Die verschiedenen Vergleichungen des Maassstabes (von I—VII)                                                                                                                                                                              | 515   |
| I. Comparison of „Brass Bar“ of Professor Neumayer with the Standard Yard of Great Britain, obtained from the ordonnance Iron Standard Bar No. 4, Melbourne. Eine kritische Prüfung des mit der vorstehenden Maassvergleichung erhaltenen Wertes | 515   |
| II. Die Vergleichung bei der kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission in Berlin im August 1869                                                                                                                                                    | 515   |



|                                                                                                                                                              | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| III. Die Vergleichung bei der Normal-Aichungs-Kommission in Berlin . . . . .                                                                                 | 516   |
| IV. Die Vergleichung von A. W. Chisholm, Standard Office, Westminster . . . . .                                                                              | 516   |
| V. Eine weitere Vergleichung wurde im Jahre 1872 im Normal-Aichungsamt ausgeführt und zwar von Dr. Baumann . . . . .                                         | 517   |
| VI. Die Vergleichung des Maasstabes bei der Normal-Aichungs-Kommission in Berlin vom Jahre 1880 . . . . .                                                    | 518   |
| VII. Vergleichung bei der kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission in Berlin vom Jahre 1896 . . . . .                                                         | 518   |
| XXIV. Bericht des Herrn Dr. Stadthagen über das Resultat einer Diskussion sämtlicher Maasstabvergleichen, welche auf das P.L. eine Beziehung haben . . . . . | 519   |
| XXV. Die an die Pendellänge, wie sie ursprünglich abgeleitet worden war, anzubringende Korrektur . . . . .                                                   | 522   |
| XXVI. Ersuchen um ein Gutachten seitens des Herrn Geheimrath Helmert . . . . .                                                                               | 522   |
| XXVII. Das End-Ergebniss . . . . .                                                                                                                           | 523   |
| XXVIII. Das Pendel Lohmeier auch als Relativ-Pendel . . . . .                                                                                                | 523   |
| Anhang . . . . .                                                                                                                                             | 525   |
| I. Originalbeobachtungen in extenso . . . . .                                                                                                                | 525   |
| II. Gänge der Pendeluhr Sheperd . . . . .                                                                                                                    | 552   |





Lithographiert von Max Lindemann

Steindruckerei Schmidt & Oberlies Mannheim

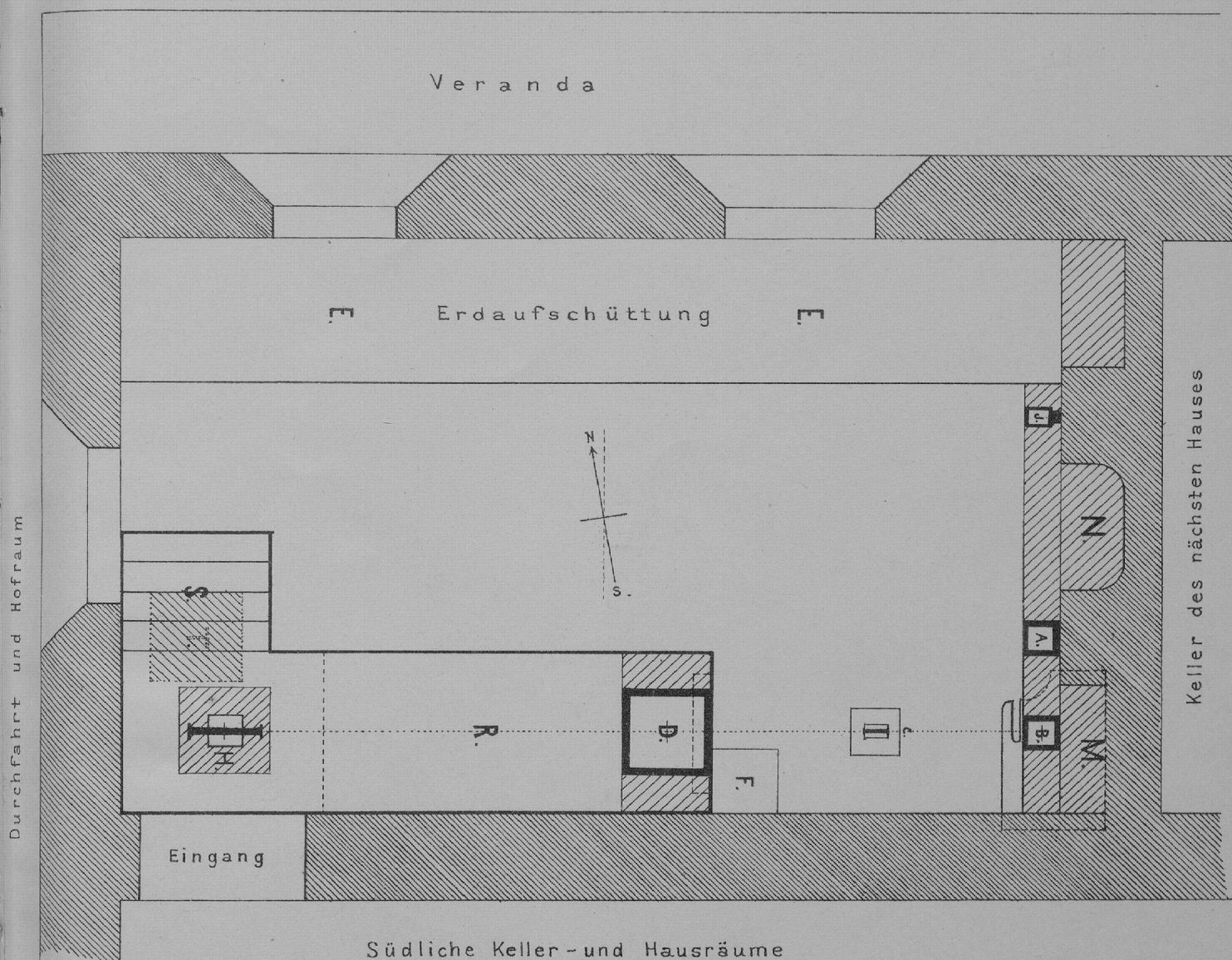
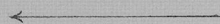
PERSPECTIVE VIEW OF THE PENDULUM - ROOM AT MONTPELLIER PARADE SOUTH-YARRA.





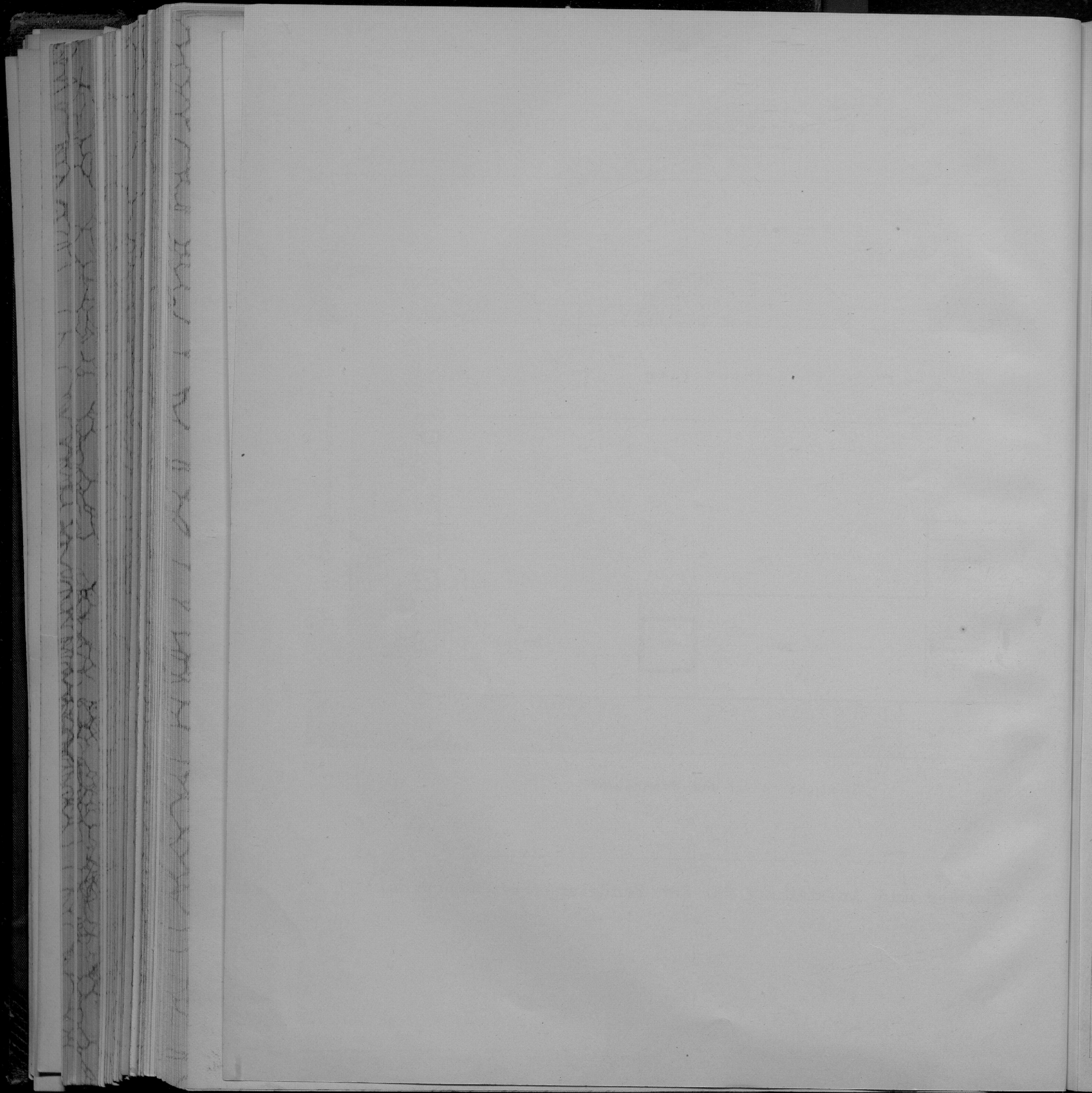


»Domaine - Road« von South Yarra nach Melbourne.



Zimmer und Aufstellung für den Pendelapparat (Melbourne).



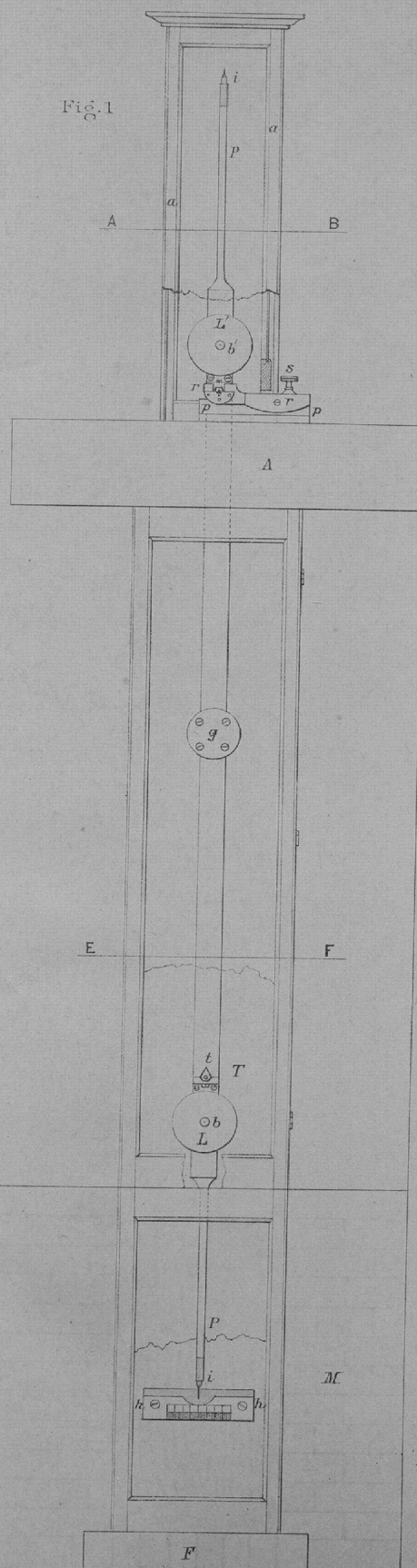




# Neumayer's Pendelapparat Melbourne

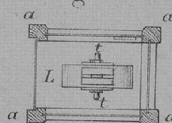
TAFEL 3

Fig. 1



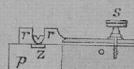
Front - Ansicht

Fig. 2.



Horizontaler Durchschnitt n. AB, Fig. 1  
und OP, Fig. 7.

Fig. 3



Vertikaler Durchschnitt nach CD, Fig. 4

Fig. 4.

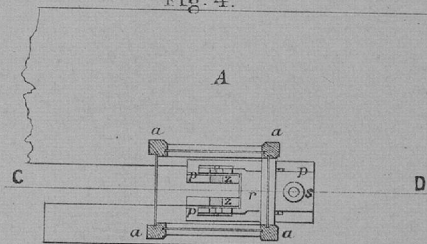
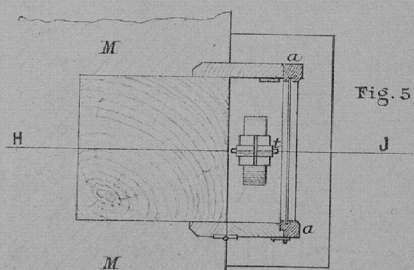
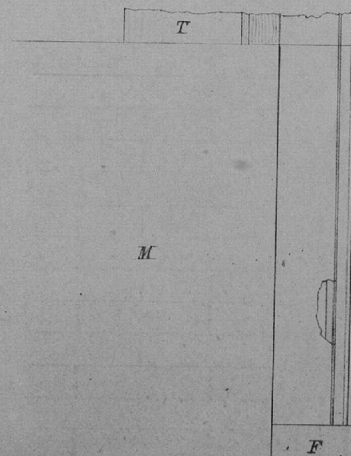


Fig. 5



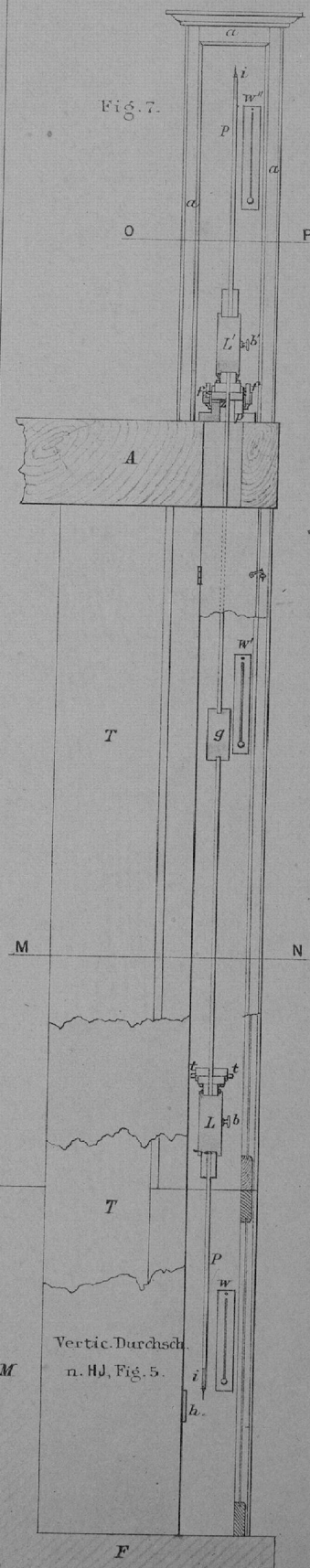
Horizontaler Durchsch.  
nach EF, Fig. 1.  
und MN, Fig. 7.

Fig. 6



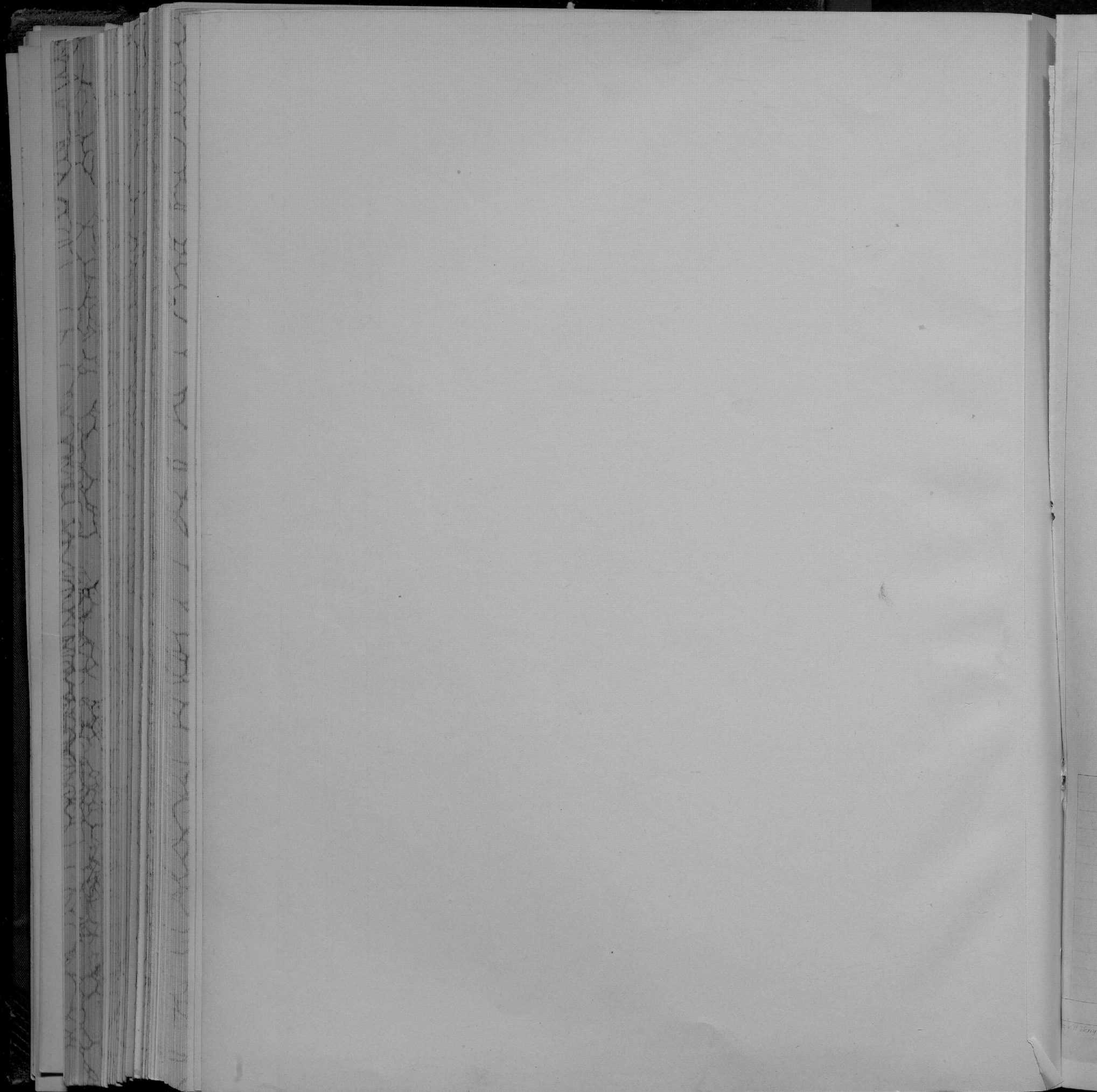
Durchschnitt u. Seitenansicht des  
unteren Glaskastens etc.

Fig. 7.



Seiten - Ansicht







# Neumayer's Pendelapparat Melbourne

TAFEL 4

Fig. 1

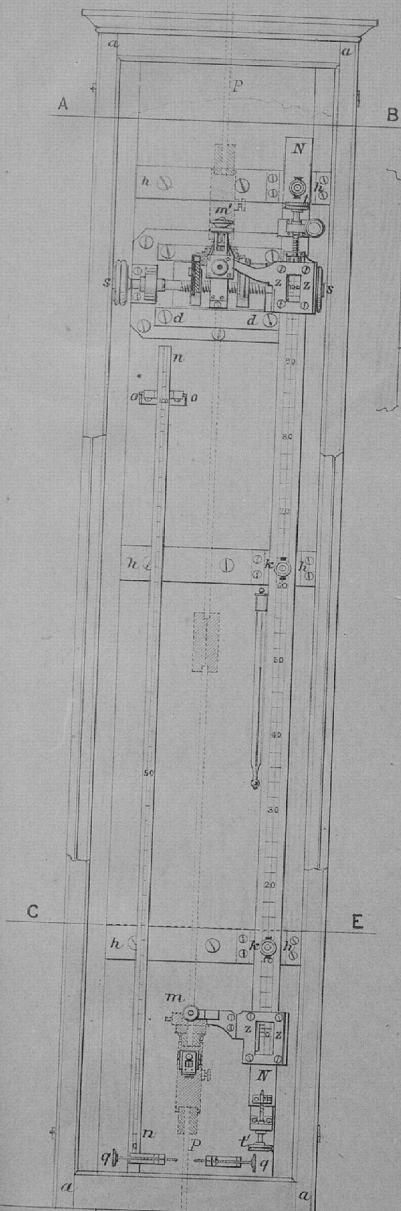


Fig. 5.

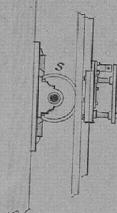


Fig. 6.



Fig. 8



Fig. 10

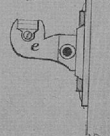
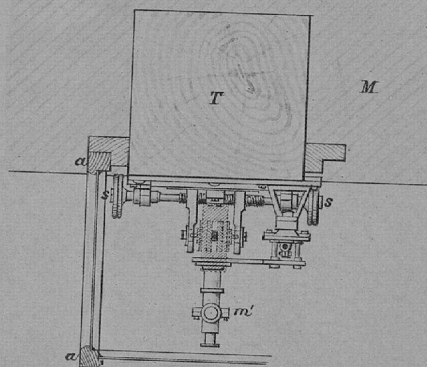


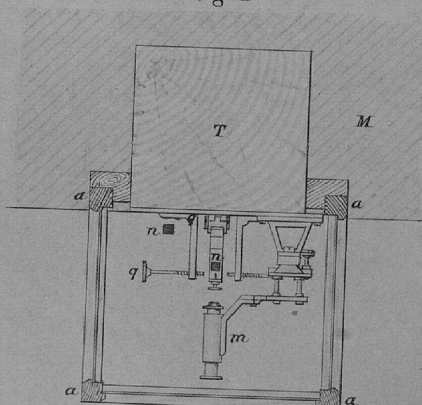
Fig. 7

Fig. 3



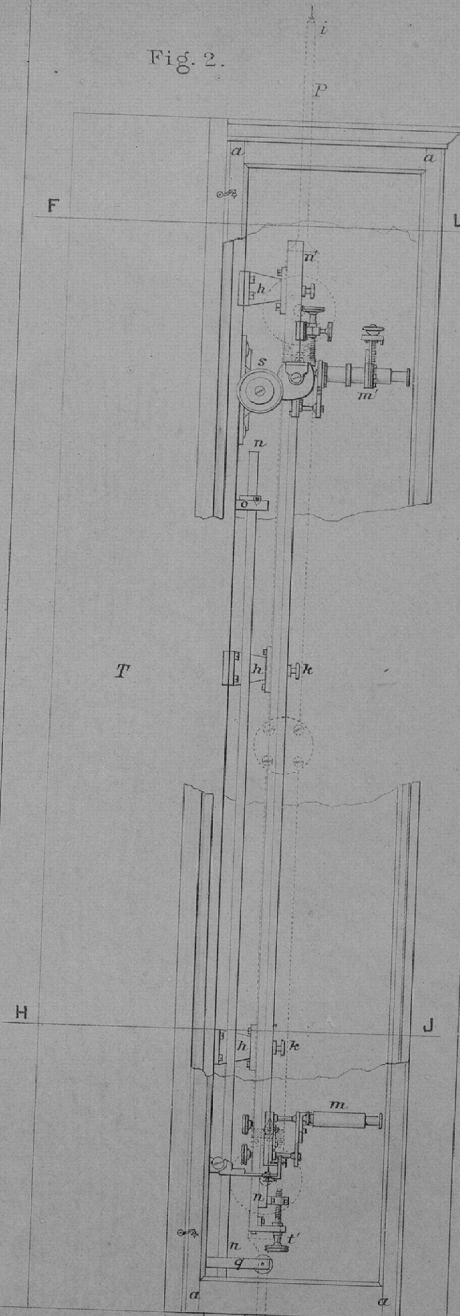
Horizontaler Durchschnitt n. AB u. FL

Fig. 4.



Horizontaler Durchschnitt n. CE u. HJ

Fig. 2.



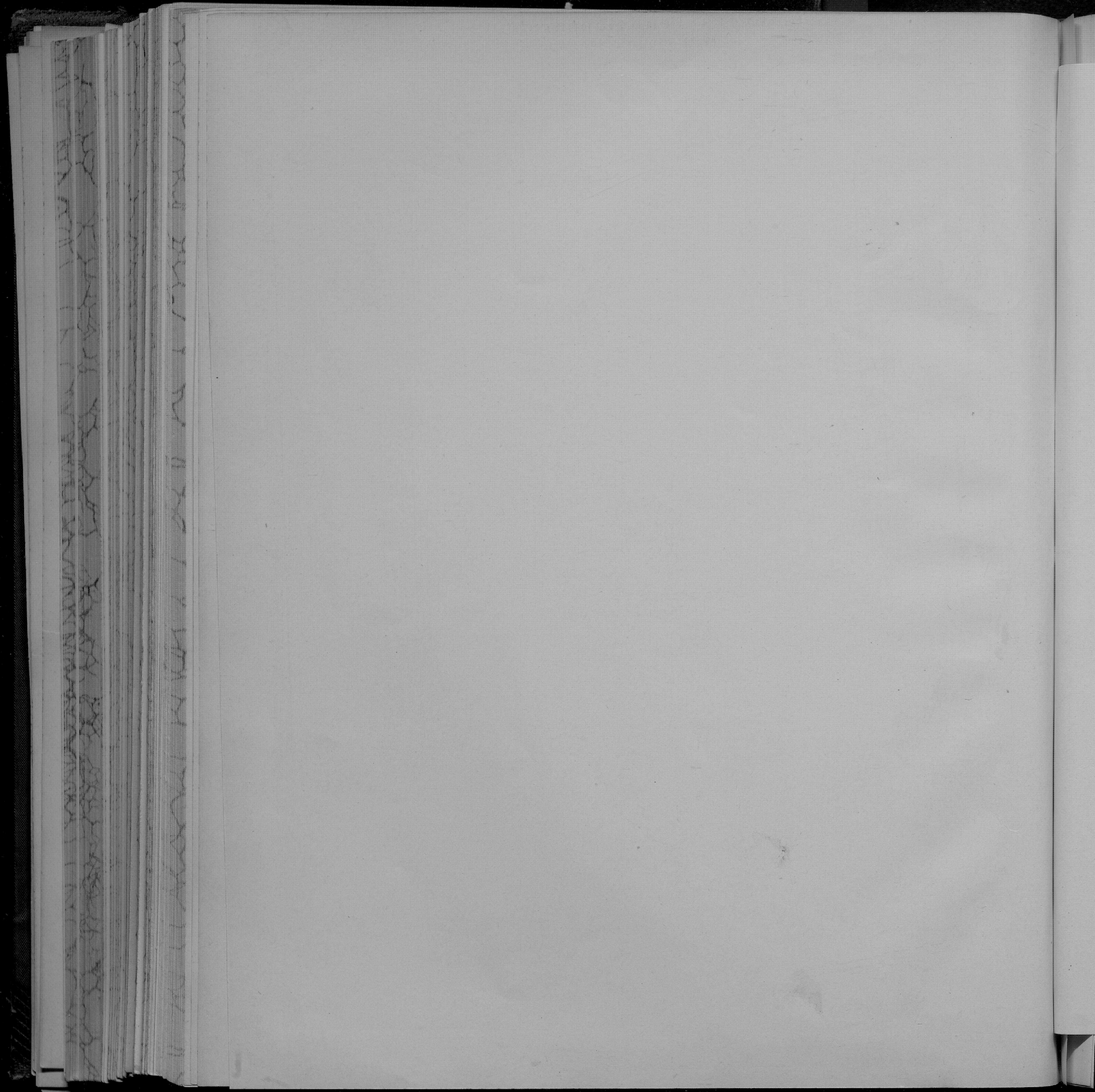
Front-Ansicht

Seiten-Ansicht

10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 cm

$\frac{1}{10}$  der nat. Grösse.







# MELBOURNE UND UMGEBUNG.

## Situationsplan und die geologische Formation.

Tafel 5.



Die schräg stehenden Zahlen bei den Stationen geben die magnetischen Total-Intensität in Gauss'schen Einheiten an.

ältere  
 neuere  
 vulkan. Gebilde



