

NOVA ACTA

der Ksl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher

Band LX. Nr. 1.

---

# Das Horizontalpendel

und

seine Anwendung zur Beobachtung der absoluten und  
relativen Richtungs-Aenderungen der Lothlinie.

---

Ergebnisse einiger mit Unterstützung der Königlich Preussischen Akademie der Wissen-  
schaften in den Jahren 1889—1892 auf den Observatorien zu Wilhelmshaven und Potsdam  
sowie in Puerto Orotava auf Teneriffa ausgeführter Beobachtungsreihen.

Von

Dr. **E. von Rebeur-Paschwitz,**

Privatdocent der Astronomie in Halle a. S.

Mit 5 Tafeln Nr. I—V.

*A. Kat. ~~1892~~*

*Eingegangen bei der Akademie am 20. Juli 1892.*

K. Hauptstation für  
Erdbebenforschung  
Strassburg i. E.

Geophysikalisches Institut  
der  
Universität Straßburg

HALLE:

1892.

Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

# Inhalt.

---

	Seite
<b>I. Einleitung</b> . . . . .	5
<b>II. Das Instrument</b> . . . . .	17
1. Beschreibung des neuen Horizontalpendels . . . . .	17
2. Bemerkungen über einige vorläufige Beobachtungen . . . . .	21
3. Kurze Theorie des Pendels . . . . .	23
4. Amplituden-Beobachtungen . . . . .	30
5. Verschiedene Untersuchungen . . . . .	33
6. Der Registrirapparat . . . . .	40
<b>III. Die Beobachtungen</b> . . . . .	42
1. Wilhelmshaven . . . . .	42
2. Potsdam . . . . .	57
3. Puerto Orotava . . . . .	73
<b>IV. Ueber die Einwirkung des Mondes auf das Horizontalpendel</b>	87
1. Wilhelmshaven und Potsdam . . . . .	89
2. Puerto Orotava . . . . .	96
<b>V. Die tägliche Periode</b> . . . . .	105
1. Puerto Orotava . . . . .	106
2. Wilhelmshaven . . . . .	114
3. Potsdam . . . . .	126
<b>VI. Die Bewegung des Nullpunktes</b>	135
1. Wilhelmshaven . . . . .	135
2. Potsdam . . . . .	140
3. Puerto Orotava . . . . .	144
<b>VII. Seismische Erscheinungen</b> . . . . .	151
<b>VIII. Litteratur</b> . . . . .	186
<b>IX. Vorschläge zur Construction des Horizontalpendels</b> . . . . .	213

---

## I. Einleitung.

---

Die Annahme, dass die Richtung des Bleiloths innerhalb der der Beobachtungskunst zugänglichen Grenzen und in Beziehung auf feste Achsen in der Erde als unveränderlich betrachtet werden könne, bildet eine der wichtigsten Voraussetzungen der Astronomie und Geodäsie. Zwar hatte man schon lange erfahren, dass die Lage anscheinend fester Gegenstände an der Erdoberfläche gegen die Lothlinie kleinen Veränderungen unterworfen ist, doch war man im Stande, denselben mit Hilfe der Niveaus und anderer Mittel Rechnung zu tragen. Immer aber bildete die Voraussetzung der absoluten Unveränderlichkeit der Lothlinie die Grundlage aller fundamentalen Bestimmungen.

Während nun dieser Standpunkt bis vor Kurzem seine Berechtigung darin hatte, dass man behaupten konnte, die Aenderungen der Lothlinie müssten sich im Allgemeinen innerhalb sehr enger Grenzen halten, so erscheint doch andererseits im Hinblick besonders auf die jüngsten die Veränderlichkeit der Polhöhe betreffenden Untersuchungen die Frage berechtigt, ob man sich weiterhin auf diesen Standpunkt stellen dürfe. Obwohl die systematischen Polhöhenbeobachtungen sich erst in ihrem Anfangsstadium befinden, so ist doch bereits festgestellt, dass dieses wichtigste Reductionselement gewissen Veränderungen unterworfen ist. Das Studium derselben ist neuerdings derart in den Vordergrund des Interesses getreten, dass es mir an der Zeit scheint, nachdem die bisherigen Speculationen sich fast ausschliesslich mit der Frage der periodischen Bewegungen der Polarachse beschäftigt haben, auch der anderen Seite des Gegenstandes, nämlich der Frage nach den Aenderungen der Richtung der Lothlinie einen Theil dieses Interesses zuzuwenden. Um

die Bewegungen der Polarachse gründlich zu untersuchen, müssen Beobachtungen in dieser Hinsicht als nothwendige Ergänzung unternommen werden, denn es ist durchaus nicht ausgeschlossen, dass ein wenn auch kleiner Theil der Polhöhenänderung auf die kleinen Verschiebungen der Lothlinie zurückzuführen ist.

Ein anderer Gegenstand von Interesse ist folgender. Jeder praktische Beobachter dürfte die Wahrnehmung gemacht haben, dass aus einer auf längere Zeit vertheilten Serie gleichartiger Beobachtungen zuweilen einzelne Zahlen in überraschender Weise herausspringen und Abweichungen aufweisen, die eine genügende Erklärung nicht finden, indem es in vielen Fällen unmöglich ist, Beobachtungsfehler anzunehmen. Bei denjenigen Beobachtungen nun, welche einer Correction für Achsenneigung bedürfen, pflegt man die Bestimmung der letzteren in gewissen oft durch längere Zeitintervalle getrennten Momenten zu wiederholen, und sich für die Zwischenzeiten auf den regelmässigen Gang zu verlassen. Einige Wahrnehmungen, welche in dieser Abhandlung mitgetheilt werden, machen es sehr zweifelhaft, ob man bei diesem Verfahren nicht gelegentlich Fehler begeht, welche auch bei anderen als den allerfeinsten Beobachtungen merklich werden müssen. Mit anderen Worten, es ist die Frage aufzuwerfen, ob die relativen Lagenänderungen der Instrumente in Beziehung auf die Lothlinie wirklich immer mit der unseren Reductionen zu Grunde liegenden Stetigkeit vor sich gehen.

Bei dem gegenwärtigen Stande der astronomischen Messungen und der Vollkommenheit, zu der man in der Herstellung der Instrumente gelangt ist, macht sich wohl die Ansicht geltend, dass die Beobachtungen an der Grenze der Genauigkeit angelangt sind, welche denselben durch die Störungen in der Atmosphäre gezogen ist. Wenn in dieser Hinsicht nicht durch die in Aufnahme gekommenen Bergobservatorien und durch die Anwendung der Photographie noch ein Fortschritt erzielt wird, so werden sich, da das Streben nach grösserer Vollkommenheit nie aufhören kann, die Bemühungen der Astronomen noch in höherem Maasse als bisher darauf richten, die erkennbaren Fehlerquellen zu studiren. Darum dürfte G. H. Darwin Recht behalten, wenn derselbe auf Grund seiner Beobachtungen sagt: „Ich getraue mir vorauszusagen, dass in einer künftigen Epoche praktische Astronomen sich nicht mehr damit begnügen werden, Niveauveränderungen in der Weise zu berücksichtigen, dass sie das Mittel aus einigen Ablesungen nehmen, sondern dass sie für jede



einzelne Beobachtung die Bestimmung dieser Correction durch ein besonderes Instrument für nöthig erachten werden.“<sup>1)</sup>

Wenn bisher den absoluten und relativen Richtungsänderungen der Lothlinie nur von vereinzeltten Beobachtern eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet worden ist, so liegt die Ursache davon in den Schwierigkeiten, welche die Ausführung eigens zu diesem Zwecke bestimmter Beobachtungen bietet. Ferner geht aus allen Experimenten, welche in dieser Richtung bisher unternommen wurden, unzweifelhaft hervor, dass die zu beobachtenden Veränderungen nicht einfacher Art, sondern von einer so complicirten Zusammensetzung sind, dass es zuerst unmöglich erscheint die verschiedenen Einflüsse von einander zu trennen. Bedenkt man, dass die gleiche Bemerkung für das Gebiet der meteorologischen und magnetischen Beobachtungen zutrifft, so wird man hierin nur eine Anregung finden, jenen Beobachtungen allmählich eine grössere Ausdehnung zu geben und statt der gelegentlichen Aufzeichnungen, auf welche sich bisher mit einigen Ausnahmen die Beobachter beschränkten, continuirliche einzuführen, wie sie für das Studium der Meteorologie und des Erdmagnetismus längst unentbehrlich geworden sind.

Allen Methoden zur Beobachtung der Lothlinie haftet der Mangel an, dass reelle Richtungsänderungen ohne Weiteres nicht von den scheinbaren zu unterscheiden sind. Da alle unsere Instrumente nothwendig in Verbindung mit dem Erdboden stehen, so muss jede Niveauveränderung eine Bewegung der Lothlinie erzeugen.

Was die reellen Veränderungen der Lothlinie betrifft, so ist man kaum im Stande, mit einiger Sicherheit zu sagen, welche Grösse dieselben im äussersten Falle erlangen können. Während sich der Betrag der durch die differentielle Wirkung der Sonnen- und Mondattraction hervorgerufenen Ablenkungen genau berechnen lässt, gilt das Gleiche nicht von den durch die Versetzung der Massen an der Erdoberfläche verursachten Oscillationen. G. H. Darwin hat den Effect der durch Luftdruckänderungen und durch den Wechsel der Gezeiten des Meeres erzeugten Veränderungen der Massenvertheilung an der Erdoberfläche zu schätzen gesucht.<sup>2)</sup> Die Beträge der Ablenkung, welche unter ge-

---

1) S. Nr. 61 des VIII. Abschnitts.

2) S. Nr. 61.

wissen einfachen, den mathematischen Formeln angepassten Voraussetzungen erhalten werden, sind allerdings gering genug, aber diese Schätzungen sind nicht im Stande, den complicirten Verhältnissen des Erdballes im Ganzen Rechnung zu tragen. Wenn man alle die zum grössten Theil periodischen Massenverschiebungen an der Oberfläche desselben berücksichtigen könnte, so ist es wohl möglich, dass die Resultante aller Anziehungswirkungen gegenüber der allgemeinen Schwere einen merklichen Betrag erlangte. Wer trotz der neueren Untersuchungen über den muthmaasslichen Zustand des Erdinnern noch geneigt ist, der Erde einen mehr oder minder ausgedehnten flüssigen Kern zuzuschreiben, wird ferner hierin nur eine weitere Ursache für die Möglichkeit wahrnehmbarer Aenderungen der Lothrichtung erkennen müssen. Wenn dagegen, was das weitaus Wahrscheinlichere ist, nach Sir William Thomson und G. H. Darwin die Erde eine durchschnittliche Starrheit gleich derjenigen des Stahls besitzt, so wird diese Schlussfolgerung hinfällig, es sei denn, dass man der Ansicht von Ed. Roche folgte und zwischen dem inneren dichteren Kern und der äusseren weniger dichten Schale eine flüssige Schicht als existirend annähme.

Kann man hiernach mit einiger Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die wahren Richtungsänderungen der Lothlinie nur bei den feinsten Beobachtungen von Bedeutung werden, so lehrt die Erfahrung andererseits, dass die scheinbaren Bewegungen derselben an vielen Punkten der Erdoberfläche erheblich sind. Auch hier sind es eine Anzahl verschiedenartiger Ursachen, welche die nämliche Wirkung hervorrufen. Niveauänderungen können entstehen erstens durch den Einfluss der Temperatur und Sonnenstrahlung, sei es, dass es sich dabei um rein lokale Einwirkungen oder solche von weiterem Umfange handelt. Unter ersteren verstehen wir sowohl die Veränderungen im Instrument selbst, als in dessen Fundamenten. Diese nach Möglichkeit zu beseitigen oder zu eliminiren, bildet eine der Hauptaufgaben für die Anordnung der Beobachtungen, da Niveaubewegungen, welche aus dieser Quelle stammen, kein besonderes Interesse besitzen. Dass durch die Temperatur ferner Bewegungen der Lothlinie von allgemeiner Art bedingt sind, lehren zahlreiche Beobachtungen.

In zweiter Linie sind die elastischen Deformationen der Erdoberfläche zu berücksichtigen, welche durch äusseren Druck entstehen und wie G. H.

Darwin gezeigt hat, gar nicht unmerklich sind, jedenfalls aber die Wirkung der oben erwähnten Massenanziehung erheblich übertreffen. Je nach der Annahme über die Elasticität der oberen Erdschichten erhält man natürlich sehr verschiedene Resultate, nach meinen Beobachtungen dürften die durch Rechnung gefundenen Zahlen aber unter Umständen in der Wirklichkeit noch übertroffen werden. Hierher sind auch die vielleicht existirenden körperlichen Gezeiten der Erde zu rechnen. Obwohl es feststeht, dass dieselben sehr klein sein müssen, so liegen doch durch dieselben bedingte Hebungen und Senkungen des Bodens von gleichem Betrage, wie sie die barometrischen Depressionen erzeugen, im Bereich der Möglichkeit.

Zu den erwähnten Ursachen von Niveauveränderungen treten endlich die geologischen Kräfte, welche nach den jetzigen Anschauungen unablässig thätig sind, die Oberfläche der Erde langsam umzuformen. Ueber die gegenwärtige Wirkung dieser Kräfte wissen wir nur soviel, als aus den Beobachtungen über Hebungen und Senkungen der Continente und den durch die neuere Wissenschaft aufgedeckten Vorgängen bei der Gebirgsbildung entnommen werden kann.

Bei einer so mannigfaltigen Zusammensetzung einer Erscheinung kann man nicht erwarten, durch vereinzelte vielleicht nur gelegentliche Beobachtungen zu nennenswerthen Ergebnissen zu gelangen. Es wiederholt sich dasselbe, was wir bei anderen verwandten Zweigen der Naturwissenschaften beobachten, dass nämlich der eigentliche Aufschwung derselben erst mit der Organisation planmässiger ununterbrochen ausgeführter Beobachtungen eintritt. Wenn wir erwägen, dass sich durch die Ausführung fortgesetzter correspondirender Beobachtungen der Lothlinie die Aussicht eröffnet, die verschiedenen interessanten Probleme, auf welche oben verwiesen wurde, ihrer Lösung näher zu bringen, so muss es überraschen, dass diesem Gegenstande bisher nicht grössere Aufmerksamkeit geschenkt worden ist. An Anregungen hat es übrigens, wie sich aus der Litteraturübersicht am Schlusse dieser Arbeit ergibt, nicht gefehlt, ebensowenig an sinnreichen Apparaten, welche zum Theil eine bisher ungeahnte Genauigkeit der Beobachtungen gestatteten. Selten aber hat man von denselben längeren Gebrauch gemacht.<sup>1)</sup> Den Hauptgrund hierfür suche

---

<sup>1)</sup> Eine Ausnahme bilden die langjährigen Beobachtungen von d'Abbadie und Plantamour, vergl. darüber Nr. 32—38 und 54.

ich darin, dass von einem Versuche<sup>1)</sup> abgesehen, eine Registrirung dieser Beobachtungen einzuführen, die letzteren ausschliesslich auf Ablesungen beruhten. Letztere nun dauernd und in solchem Umfange zu besorgen, wie es nach meinen Erfahrungen bei diesen Beobachtungen nöthig ist, wird ein Einzelner um so weniger im Stande sein, als solche Untersuchungen in der Regel nur nebenbei ausgeführt zu werden pflegen. Während bei den meteorologischen Vorgängen schon dreimal tägliche Ablesungen der Instrumente genügen, um die wichtigsten Resultate abzuleiten, erscheinen hier fortlaufende Registrirbeobachtungen unerlässlich.

In der vorliegenden Arbeit ist der meines Wissens erste umfangreichere Versuch dieser Art behandelt. Der Leser möge beurtheilen, ob derselbe erfolgreich gewesen ist und die angewandte Beobachtungsmethode verbreitet zu werden verdient.

Ich begann diese Untersuchung im Jahre 1886, indem ich an dem von Zöllner erfundenen Horizontalpendel<sup>2)</sup> eine Abänderung vornahm. Dieses Instrument beruht bekanntlich auf der Idee, einen pendelförmigen Gegenstand um eine nahezu verticale Achse schwingen zu lassen. Wenn die Drehung ohne Reibung erfolgt, so ist die Bewegung nur durch die in die Ebene der Drehung fallende Componente der Schwerkraft bestimmt, welche gleich Null wird, wenn die Drehungsachse vertical steht. Im letzteren Falle erreicht das Pendel den Zustand des indifferenten Gleichgewichts und jede geringste Richtungsänderung der Drehungsachse genügt, eine starke Bewegung des Pendels herbeizuführen. In der Praxis giebt man je nach der gewünschten Empfindlichkeit der Drehungsachse eine stärkere oder geringere Neigung und kann dann selbst bei Neigungsänderungen von Tausendstel Bogensekunden noch merkliche Ausschläge des Pendels erzielen. Allerdings gelangt dabei immer nur die zur Richtung des Pendels senkrechte Componente der Neigungsänderung zur Beobachtung. Um dieselbe also vollständig zu kennen, muss man in zwei zu einander senkrechten Azimuthen beobachten.

Bei der praktischen Ausführung dieser Idee bediente sich Zöllner einer besonderen Aufhängungsart für das Pendel. Zwei Stahldrähte wurden

---

<sup>1)</sup> Bouquet de la Grye und Milne, vergl. Nr. 38 und 61.

<sup>2)</sup> S. Nr. 56 und 57.

nahe dem einen Ende eines Glasstabes dicht nebeneinander befestigt und an dem oberen und unteren Ende eines auf drei Stellschrauben ruhenden Stativs festgeklemmt, so dass der der Mitte nähere Draht nach oben führte. Die Länge der Drähte war so bemessen, dass das Pendel nahezu horizontal schwebte. Ferner war die Lage der durch die beiden Fixpunkte gelegten Verticalebene so regulirt, dass dieselbe mit der Richtung eines Stativarmes zusammenfiel. Mittelst der Fusschrauben des Stativs konnte man sich dem idealen Zustande des indifferenten Gleichgewichts so weit nähern, dass mit Hilfe von Fernrohrablesung noch Ablenkungen des Pendels zu unterscheiden waren, die nur 0.00035 Neigungsänderung des Instruments entsprachen. Nachdem Zöllner mit diesem Apparat einige Beobachtungen in den Kellerräumen des Leipziger Universitätsgebäudes angestellt hatte, liess er einen zweiten Apparat von nahezu gleicher Construction in grösseren Massen ausführen. Bei demselben wurden die Drähte durch feine Uhrfedern ersetzt, welche in nach innen scharfkantigen Ringen endeten. In diese wurde der durch ein Gewicht beschwerte Pendelstab hineingelegt, so dass er die beiden Federn in Spannung hielt. Mit diesem neuen Apparat sind die wenigen von Zöllner veröffentlichten Beobachtungen angestellt. Ob derselbe in der That eine Verbesserung des ersten einfacheren Apparats war, dürfte zu bezweifeln sein. Vor einigen Jahren sah ich auf dem astrophysikalischen Observatorium in Potsdam einige Theile desselben, welche wohl den Zweifel erwecken konnten, ob er zu feineren Messungen geeignet war.<sup>1)</sup>

G. H. Darwin erwähnt in einer Uebersicht der bisherigen Versuche zur Messung der Richtungsänderungen der Lothlinie<sup>2)</sup>, dass das Zöllner'sche Horizontalpendel vermuthlich das empfindlichste aller bisher zu diesem Zwecke angewandten Hilfsmittel sei, betont aber, dass die Art der Aufhängung des Pendels zu Bedenken Veranlassung gebe. Nicht nur ist die Richtung des Pendels von der Torsion der Drähte beeinflusst, sondern auch der Zustand der Spannung, in dem sich die Drähte befinden, muss auf dieselbe einwirken.

---

<sup>1)</sup> Einer brieflichen Mittheilung zufolge benutzte 1886 ein Herr Baltin diesen Apparat, um die Zöllner'schen Beobachtungen in demselben Raum, in dem ich später beobachtete, fortzusetzen. Doch scheint derselbe keinen Erfolg gehabt zu haben, da die Beobachtungen sehr bald aufgegeben wurden.

<sup>2)</sup> S. Nr. 60.

Aehnliche Bedenken veranlassten mich, eine Aufhängung des Pendels in Spitzen zu versuchen. Wie ich mich später überzeugte, ist eine nur wenig abweichende Form des Pendels bereits bei einigen Seismographen eingeführt, wo allerdings die Ansprüche bezüglich einer nahezu reibungsfreien Bewegung nicht entfernt so hohe sein brauchten wie hier. Die Construction ist folgende.<sup>1)</sup> Mit dem einen Ende des Pendels ist T-förmig ein kurzes Querstück verbunden, an dessen Enden kleine Achatschalen als Lager eingelassen sind. Die Oeffnung der oberen Schale ist gegen den Schwerpunkt des Pendels gerichtet, die der unteren von demselben abgewendet. Diese beiden Schalen nun legen sich gegen zwei feine übereinander an einem Stativ befestigte Stahlspitzen, welche den Kugelflächen der Schalen entsprechend so orientirt sind, dass der Druck an diesen Stellen ein verticaler ist und seine Richtung mit der der Spitzen zusammenfällt. Ist dann  $g$  das Gewicht des Pendels und bezeichnet  $2\alpha$  den Winkel, den die beiden vom Schwerpunkte des Pendels nach den Berührungspunkten der Lager gerichteten Linien mit einander bilden, so lastet auf jeder Spitze das Gewicht  $\frac{g}{2 \sin \alpha}$ . Da keine Erfahrung darüber vorlag, ob eine derartige Construction eine ausreichend freie Bewegung des Pendels gestatte, so liess ich mir einen einfachen Apparat dieser Art herstellen und beobachtete an demselben in einem grossen Keller der technischen Hochschule in Karlsruhe.<sup>2)</sup> Ein Fernrohr mit Scala war in 4 m Entfernung westlich vom Pendel aufgestellt und die Ablesungen geschahen nach der bekannten Methode mittelst eines kleinen am Pendel angebrachten Spiegels. Während die Schwingungsdauer des Pendels in verticaler (mittelst einer kleinen Hilfsachse herzustellender) Aufhängung 0.454 betrug, konnte dieselbe bei den Versuchen auf 20.445 gebracht werden und es liessen sich in diesem Zustande noch 0.0025 unterscheiden. Bei diesen Versuchen stellte sich heraus, dass die Bewegung von der Reibung in den Lagern nur unmerklich beeinflusst wurde. Wegen der schiefen Stellung der Spitzen findet zwar ausser der wälzenden Bewegung (entsprechend derjenigen auf Schneiden) eine Drehung der Lager auf den

<sup>1)</sup> Vergl. die Fig. 1 zu pag. 19.

<sup>2)</sup> Die folgenden Versuche wurden mit den vom Naturwissenschaftlichen Verein zu Karlsruhe bewilligten Mitteln ausgeführt und sind im X. Bande der Verhandlungen dieses Vereins eingehender geschildert. Ferner in den Astron. Nachr. Nr. 2809 und 2874.

Spitzen statt, dieselbe ist aber so gering, dass sie die freie Bewegung des Pendels nicht hemmt. Es wurde festgestellt, dass auch die kleinsten Schwingungen, die sich beobachten liessen und bei denen der Winkel der ganzen Oscillation 26", die entsprechende Bewegung der Pendelspitze aber  $\frac{1}{40}$  mm betrug, sich mit vollkommener Regelmässigkeit vollzogen. Der Apparat besass ferner eine Vorrichtung, um das Pendel durch einen feinen Luftstrom in Bewegung zu versetzen, wenn es zur Ruhe gekommen war. Machte man nun die Ablesung erst im Zustande der Ruhe und leitete dieselbe dann andererseits aus den Elongationen des in Bewegung versetzten Pendels her, wobei man voraussetzen durfte, dass die geringe Reibung überwunden war, so war die Uebereinstimmung in allen Fällen eine vollkommene. Es bedarf nicht der Erwähnung, dass bei diesen Versuchen das Pendel durch einen Schutzkasten gegen Luftströmungen und Wärmeeinflüsse sorgfältig geschützt war.

Aus den Beobachtungen folgte weiter, dass es nothwendig ist, die Fundamente für das Instrument möglichst zu isoliren. Da hierauf Anfangs weniger Rücksicht genommen war, so zeigten sich, wenn man seitlich an den Pendelpfeiler herantrat, Ablenkungen, welche fast die ganze Länge der Scala (800 mm) durch das Fernrohr führten. Es ist hieraus für Beobachtungen dieser Art im Allgemeinen der Schluss zu ziehen, dass, wenn man nicht über sehr tiefe gut isolirte Fundamente verfügt, wenigstens die nächste Umgebung des Pfeilers möglichst vor ungewöhnlicher Belastung zu schützen ist. Man kann auch andererseits bei continuirlichen Beobachtungen, wenn das Pendel mit der Zeit zu stark von der mittleren Gleichgewichtslage abweichen sollte, obige Erfahrung benutzen, um durch passende Placirung eines Gewichts auf dem Boden das Pendel in die alte Lage zurückzuführen.

Hinsichtlich des Einflusses von Erschütterungen, wie sie durch den gewöhnlichen Verkehr erzeugt werden, wurde die bemerkenswerthe Wahrnehmung gemacht, dass dieselben die Güte der Beobachtungen gar nicht beeinflussen. Die Lage des Beobachtungslocals in einer ziemlich verkehrsreichen Gegend — in nächster Nähe arbeitete häufig eine Dampfmaschine und Artillerie zog nicht selten an dem Gebäude vorüber — bot reichliche Gelegenheit, das Verhalten des Pendels bei solchen Störungen zu studiren. Ich bemerkte nun oft, dass in solchen Fällen der Spiegel des Pendels in verticaler

Richtung hin und her vibrirte, ohne dass die Gleichgewichtslage im geringsten beeinflusst wurde. Da nun die Bodenbewegungen oft so merklich waren, dass sie dem Beobachter auch durch das Gefühl wahrnehmbar wurden, so muss man schliessen, dass die Schwingungen vorzugsweise in einer zur Erdoberfläche normalen Richtung vor sich gehen und dass es darum für die Anstellung dieser Beobachtungen nicht so wesentlich ist, dass dieselbe an einem vor den Erschütterungen des Verkehrs geschützten Orte geschieht. Im Gegentheil liegt die Annahme nahe, dass die kleinen Vibrationen des Pendels demselben die Ueberwindung des an sich schon so geringen Reibungswiderstandes noch erleichtern. Hieraus folgt, dass es besonders in Häusern, die mit guten Kellerräumen versehen sind, leicht sein wird, einen zur Aufstellung dieses Apparates geeigneten Raum zu finden, wenn auch naturgemäss die Isolirtheit immer ihre Vorzüge hat.

Nach einer längeren Reihe von Ablesungen an dem geschilderten Instrument, welche zur Auffindung einer beträchtlichen täglichen Bewegung führten, der zu Folge das Pendel seine grösste südliche Elongation gegen 6<sup>h</sup> Abends, die grösste nördliche zwischen 7<sup>h</sup> und 8<sup>h</sup> früh erreichte, konnte zur Anwendung der photographischen Registrirung nach dem Muster der magnetischen Registrir-Instrumente geschritten werden. Eine Linse von 5 m Brennweite wurde vor dem Spiegel des Pendels angebracht, so dass sowohl die eintretenden als die reflectirten Lichtstrahlen dieselbe passiren mussten. Das Licht stammte von einer kleinen kreisförmigen Oeffnung im dunklen Cylinder einer Gaslampe. Das Bild derselben entstand auf einer mit lichtempfindlichem Papier überzogenen cylinderförmigen Walze mit horizontaler Achse, welche, durch ein Uhrwerk getrieben, in 48 Stunden eine Umdrehung machte; dabei entsprach dem Zeitraum von einer Stunde eine Länge von etwa 11 mm. Ein zweiter fester Spiegel, der neben dem beweglichen am Stativ des Pendels angebracht ist, reflectirt ebenfalls die Lichtstrahlen und erzeugt am Rande der Walze einen zweiten Lichtpunkt; dieser wird durch das Uhrwerk automatisch zu Anfang jeder Stunde auf 5<sup>m</sup> abgeblendet. Auf dem Papier entsteht dadurch eine gerade unterbrochene Linie, auf welche die Ordinaten der Curve des beweglichen Lichtpunktes zu beziehen sind. Bei diesen Versuchen repräsentirte 1 mm in der Ordinate der Curve eine Richtungsänderung der Lothlinie von 0.0308 im Sinne des I. Verticals, da bei den-



selben das Pendel nach Süden gerichtet war. Erwähnt möge werden, dass schon bei diesen ersten Versuchen sowohl bei der directen Ableseung als bei der photographischen Registrirung Erderschütterungen zur Wahrnehmung gelangten, die sonst unbemerkt blieben.

Im August des Jahres 1887 mussten diese Beobachtungen, deren Resultat ein sehr befriedigendes war, vorläufig abgebrochen werden. Erst im Herbst 1888 konnte ich dieselben mit Unterstützung der königlich preussischen Academie der Wissenschaften wieder aufnehmen, nachdem ich derselben einen Plan zur Ausführung correspondirender Beobachtungen an zwei Orten mittelst zweier neuer Instrumente vorgelegt hatte. Durch das freundliche Entgegenkommen des Directors des kaiserlichen Marine-Observatoriums zu Wilhelmshaven, Herrn Professor Boergen, welcher die Aufstellung und Inanghaltung eines der beiden Instrumente (I) bereitwilligst übernahm, wurde die Durchführung dieses Planes sehr erleichtert. Die ganze Beobachtungsreihe in Wilhelmshaven verdanke ich somit Herrn Professor Boergen und seinem früheren Assistenten Herrn Dr. Eschenhagen, welcher mir auch sonst aus seiner Erfahrung an den magnetischen Registrir-Instrumenten manchen werthvollen Wink zu Theil werden liess.

Zu gleicher Zeit wurde ich durch die Genehmigung des Herrn Geheimen Rath Vogel in Potsdam in den Stand gesetzt, den zweiten Apparat (II) in einem dazu äusserst geeigneten Raume des astrophysikalischen Observatoriums aufzustellen. Die Beobachtungen an diesen beiden Orten musste ich im Herbst 1889 einstellen. Apparat I blieb in Wilhelmshaven, wogegen ich den Apparat II im Winter 1890—91 zur Ausführung einer Beobachtungsreihe in Puerto Orotava auf der Canaren-Insel Teneriffa verwandte. Die correspondirenden Beobachtungen, welche um die gleiche Zeit in Wilhelmshaven fortgesetzt werden sollten, sind unterblieben.

Gegenwärtig befindet sich der Apparat I auf der kaiserlichen Universitäts-Sternwarte zu Strassburg, woselbst Herr Professor Becker es freundlichst übernommen hat, für einige Zeit die Beobachtungen weiterzuführen. Der Apparat II dagegen befindet sich seit dem Anfange dieses Jahres auf der kaiserlichen Marine-Sternwarte in Nikolajew, um daselbst Professor Kortazzi während der von Professor Lewitzky in Charkow geplanten Horizontalpendelbeobachtungen zu correspondirenden Beobachtungen zu dienen.

Da jene mit zwei Instrumenten angestellt werden, welche in zwei zu einander senkrechten Azimuthen aufgestellt sind, so werden, vorausgesetzt, dass keine unvorhergesehene Störung eintritt, demnächst vier ganz gleichartige Instrumente dieser Art in Thätigkeit sein. Mit Rücksicht auf die gleichzeitigen Polhöhenbeobachtungen sind zuerst zwei von denselben so aufgestellt, dass die Richtungsveränderungen der Lothlinie im Meridian zur Aufzeichnung gelangen.

Die vorliegende Abhandlung enthält die Resultate der Beobachtungen in Wilhelmshaven, Potsdam und Puerto Orotava.<sup>1)</sup>

An dieser Stelle sei es mir gestattet, denjenigen Herren, welche durch ihre freundliche Unterstützung die Ausführung dieser Arbeit gefördert haben, meinen aufrichtigsten Dank zu erstatten.

---

<sup>1)</sup> Zur Erklärung einiger Unregelmässigkeiten in den Beobachtungen möchte ich hinzufügen, dass ich, während dieselben in Gang waren, wiederholt durch Krankheit behindert wurde, ihnen die nöthige Aufmerksamkeit zu widmen.

---

## II. Das Instrument.

### 1.

Der Umstand, dass die vorliegenden Beobachtungen die ersten sind, welche in systematischer Weise mit dem zweifellos einer vielseitigen Verwendung fähigen Horizontalpendel angestellt wurden, wird es rechtfertigen, wenn ich bei der Schilderung des Instruments und seiner Aufstellung etwas länger verweile.

Der neue Horizontalpendelapparat<sup>1)</sup> wurde in zwei ganz gleichen Exemplaren von Repsold in Hamburg hergestellt und unterscheidet sich wie der früher von mir benutzte von dem Zöllner'schen durch die für das Pendel gewählte Aufhängung in Spitzen. Wie die Erfahrung gezeigt hat, gestattet dieselbe eine nahezu vollkommen reibungsfreie Bewegung des Pendels und ist dieselbe frei von den Nachtheilen, welche der Zöllner'schen Aufhängung an gespannten Drähten oder Uhrfedern anhafteten.

Das schwere gusseiserne Stativ besteht aus einem niedrigen, oben offenen cylindrischen Gefäss, welches durch eine gutschliessende Glasglocke bedeckt wird und in seinem Innern die Aufhängevorrichtung mit dem Pendel enthält. Am Aussenrande befinden sich in gleichen Abständen von einander drei Ansätze zur Aufnahme der Fusschrauben, das ganze Stativ ist in einem Stück gegossen. Die Schrauben haben eine Steighöhe von 0.36 mm und sind mit grossen Köpfen versehen, um möglichst geringe Niveauveränderungen herstellen zu können, worauf es bei der Einstellung des Apparates besonders ankommt. Der Abstand je zweier Schrauben beträgt 435 mm. Da dieselben ein gleichseitiges Dreieck bilden, so beträgt die einer Schraubenumdrehung entsprechende nach der betreffenden Schraube hin gerichtete Neigungsänderung des Stativs 197". Dagegen beträgt dieselbe in der Richtung der Verbindungslinie zweier

---

<sup>1)</sup> S. Taf. 1.

Schrauben 170". Da bei einigermaassen empfindlicher Einstellung des Stativs schon bei einer Neigungsänderung von 1" beträchtliche Ausschläge des Pendels stattfinden, so erkennt man, dass bei der Anwendung besonders der beiden seitlichen Schrauben mit grosser Vorsicht verfahren werden muss.

Bei der Regulirung der Aufstellung wird es vorkommen, dass die nach unten aus dem Stativ hervorragenden Theile der seitlichen Fusschrauben nicht gleich lang sind. Hierdurch wird eine Aenderung der Neigung des Stativs in der Richtung dieser beiden Schrauben mit der Temperatur bewirkt, auf welche später Rücksicht zu nehmen ist. Setzen wir den Ausdehnungscoefficienten des Stahls 0.00001232 und ist  $n$  die Zahl der Schraubengänge, um welche die eine Schraube weiter hervorragt als die andere (vollkommene Symmetrie der Theile vorausgesetzt), und  $t$  die Temperaturdifferenz in Celsiusgraden, so ist die Neigungsänderung

$$0.0059 \ n t$$

und zwar senkt sich der Apparat relativ gegen die kürzere Schraube. In der Mitte zwischen zweien der drei Schrauben und der dritten gegenüber ist der Mantel des cylindrischen Gefässes durchbrochen und die Oeffnung ist durch eine Planconvexlinse von 75 mm Durchmesser und ca. 4.6 m Brennweite, deren optische Achse horizontal liegt und nach dem Centrum des Stativs hin gerichtet ist, abgeschlossen. Diese Linse dient zur photographischen Registrirung und wird bei directer Beobachtung durch ein Planglas ersetzt.<sup>1)</sup>

Der zur Aufhängung des Pendels bestimmte Träger ist in Beziehung auf den durch die Mitte der Linse und die dritte Fusschraube gehenden Durchmesser des Stativs symmetrisch angeordnet, da im entgegengesetzten Falle schon minimale Temperaturdifferenzen in verschiedenen Höhenschichten einen sehr schädlichen und uncontrolirbaren Einfluss auf die Gleichgewichtslage des Pendels ausüben könnten. Der Träger besteht aus einem festen vier-eckigen Rahmen, dessen Ebene parallel der Linsenfläche ist, und ist auf dem

---

<sup>1)</sup> Bei den neuesten Versuchen in Strassburg habe ich nach einem Vorschlage von Dr. Eschenhagen in Potsdam Hohlspiegel statt der Planspiegel benutzt, wodurch die Linse überflüssig wird. Diese von dem Optiker Halle in Steglitz geschliffenen versilberten Spiegel geben sehr scharfe Bilder, doch bereitete es bis jetzt Schwierigkeiten, dieselben mit der gewünschten Brennweite von 4 bis 5 m herzustellen.

Boden des Stativs hinter der Linse aufgeschraubt. Er trägt zwei horizontale, vertical über einander liegende und um ihre Achsen mit starker Reibung drehbare Wellen. In die Mitte der letzteren sind zwei sehr feine Stahlspitzen so eingeschraubt, dass sie zur Richtung der Wellenachsen senkrecht stehen und nur wenig aus denselben hervorragen. Der verticale Abstand der beiden Achsen beträgt 68 mm, bei der Drehung der Wellen beschreiben die Spitzen daher kleine Kreise, deren Mittelpunkte um ebensoviel von einander entfernt sind.

Das Pendel (s. Fig. 1) ist, um magnetische Einflüsse auszuschliessen, ganz aus Messing hergestellt und hat die Form eines gleichschenkligen Dreiecks.  $a, b, c$  sind dünne Röhren,  $d$  ist ein kleines am Endpunkt der Längsachse befestigtes Gewicht. Bei  $i$  und  $i'$  befinden sich die Lager für die Spitzen, bestehend aus kleinen Kugelschalen aus Achat von 2.5 mm Radius, deren Mittelpunkte ebenfalls 68 mm von einander entfernt sind; ihre Lage ist am besten aus der Fig. 1<sup>a</sup> zu ersehen, in welcher durch  $S$  die Richtung nach dem Schwerpunkt bezeichnet ist. Die Radien der Kugelschalen sind gleich der Länge, um welche die Stahlspitzen aus den Wellenachsen hervorragen, so dass bei jeder Stellung der Spitzen dieselben senkrecht zu den berührenden Lagerflächen stehen. Der Stift  $e$  hat in der Richtung  $ii'$  eine Durchbohrung zur Aufnahme einer Schneide bei verticaler Lage des Pendels.  $s$  ist der Ablesespiegel, welcher um den zur Achse  $ii'$  parallelen Stift  $g$  drehbar ist.

Die Justirung ist nun eine sehr einfache. Nachdem man den Spiegel  $s$  so an  $g$  festgeklemmt hat, dass seine spiegelnde Fläche etwa senkrecht zur Längsachse steht, wird durch Verschiebung des kleinen Gewichts  $h$  der Schwerpunkt der ganzen Masse  $S$  in die Längsachse gebracht, indem man das Pendel bei  $f$  und zwischen  $h$  und  $d$  unterstützt, und darauf die Lage von  $S$  gegen  $i$  und  $i'$  genähert ermittelt. Darauf werden durch Drehung der Wellen am Träger die Stahlspitzen so gestellt, dass sie gegen die Lager gerichtet sind und jede um den halben Winkel  $iSi'$  geneigt ist. Dies kann mit ausreichender Genauigkeit leicht nach dem Augenmaass oder durch Anlegung eines Dreiecks aus Pappe von der Form  $Si i'$  geschehen. Der Apparat ist dann so justirt, dass, wenn das Pendel eingehängt ist und sich dasselbe, wie es für die Beobachtung wünschenswerth ist, in der Symmetrieebene befindet, der Druck in den Lagern senkrecht gegen dieselben gerichtet und eine Neigung zum Gleiten somit nicht vorhanden ist. Es empfiehlt sich nach dem Einhängen des Pendels

das Stativ durch leises Klopfen zu erschüttern. Bei dem von mir gebrauchten Apparat beträgt das Gewicht des ganzen Pendels 42 g, der Schwerpunkt liegt 100 mm von der Drehungsachse entfernt, deren Länge, wie oben erwähnt, 68 mm beträgt, mithin hat jede der beiden Spitzen einen normalen Druck von 65 g zu tragen.<sup>1)</sup>

Wenn das Pendel eingehängt ist, so befindet sich der Spiegel  $s$  unmittelbar über einem festen Spiegel  $s'$ , deren Flächen sich zu einem dem Umfang der Linse eingeschriebenen Quadrat ergänzen. Bei entsprechender Drehung liegen beide spiegelnde Flächen nahezu in einer Ebene. Der Spiegel  $s'$  kann von aussen her um eine verticale und horizontale Achse gedreht werden. Um ein Umschlagen des Pendels zu verhindern, befinden sich an beiden Seiten in dem Boden des Stativs Anschläge. Der eine derselben besteht aus einer gegen das Pendel gerichteten Röhre, welche nach aussen geführt ist und daselbst mit einem Gummischlauch und einem Gebläse verbunden werden kann. Diese Vorrichtung hat den Zweck, das Pendel vom Beobachter aus in Schwingungen versetzen zu können. Der zweite Anschlag besteht aus einem verticalen Stabe, welcher etwas länger als das Pendel ist und an seinem oberen Ende eine kleine horizontale Schneide trägt. Auf letztere kann das Pendel zur Bestimmung der Schwingungsdauer mittelst der Durchbohrung bei  $f$  aufgesetzt werden. Soweit es sich praktisch erreichen lässt, stimmt dann die Schneide mit der Richtung der wahren Drehungsachse überein und man erhält durch Beobachtung der Schwingungsdauer in dieser Lage die zur Reduction der Beobachtungen in geneigter Lage der Achse erforderliche Constante. Diese Methode ist natürlich nicht ganz genau; für die Zwecke indessen, für die das Pendel bisher verwandt wurde, ist der begangene Fehler von keiner Bedeutung. Uebrigens liesse sich leicht eine Einrichtung treffen, durch welche jene Constante mit aller wünschenswerthen Genauigkeit zu ermitteln wäre.<sup>2)</sup>

---

1) Da es sowohl zur Verminderung der Reibung als zur Erhaltung der Gestalt der Spitzen wesentlich ist, den Druck auf die letzteren möglichst zu vermindern, so empfiehlt sich für das Pendel die Anwendung des Aluminiums, dessen specifisches Gewicht im Verhältniss  $\frac{1}{3.3}$  zu dem des Messings steht.

2) Man könnte beispielsweise den ganzen Träger heraus- und auf einer um  $45^\circ$  geneigten Ebene festschrauben. Wird dann das Pendel eingehängt und die Schwingungsdauer  $T'$  bestimmt, so ist die Constante für die verticale Lage  $\frac{T'}{\sqrt{2}}$ . Allerdings ist in diesem

Ist der Apparat, wie angegeben, justirt und das Pendel eingehängt, so können nach dem Aufsetzen der Glasglocke alle späterhin nothwendigen Correctionen von aussen her vorgenommen werden, ohne dass das Pendel gestört wird. Bei dieser Construction wäre es auch ein Leichtes, einen luftdichten Abschluss des Pendelraumes herzustellen oder denselben für die Untersuchung der Bewegung des Pendels in Medien von verschiedener Dichtigkeit einzurichten.

## 2.

Für die Beobachtungen, zu denen das Horizontalpendel zunächst verwendet werden sollte, ist eine specielle Theorie des Instruments nicht erforderlich. Es genügt vielmehr die Kenntniss der Schwingungsdauer für sehr kleine Ausschläge, welche in Verbindung mit der vorher ermittelten Schwingungsdauer bei horizontaler Lage der Achse die Neigung der letzteren gegen die Lothlinie ergibt. Ich habe indessen zur Prüfung der Instrumente und ihrer Empfindlichkeit vor Beginn der photographischen Registrirung einige Beobachtungen angestellt, welche zugleich geeignet sind, einen Beitrag zur Theorie des Horizontalpendels zu liefern. Dieselben theile ich aus diesem Grunde hier mit, obwohl sie weit davon entfernt sind, auf Vollständigkeit Anspruch machen zu können. Um diese zu erreichen, fehlte es an gewissen instrumentalen Hilfsmitteln und an der erforderlichen Zeit.

Es wurden in Potsdam in dem später zu beschreibenden Kellerlokal die beiden Instrumente untersucht, nachdem zuvor die Linse durch eine planparallele Glasplatte ersetzt worden war. In einem Abstände von ca.  $4\frac{1}{2}$  m befand sich die Scala dicht über einem Fernrohr, welches auf einem kleinen Pfeiler stand und bequem Zehntel eines Millimeters zu schätzen erlaubte.

Von einigen gelegentlichen Beobachtungen abgesehen, die später besprochen werden sollen, bezogen sich die erwähnten Untersuchungen auf die Ermittlung der Schwingungsdauer und der Aenderung der Amplitude. Die

---

Falle der Druck des Pendels nicht gleichmässig auf die Spitzen vertheilt, doch genügt der vorhandene Druck an der unteren Spitze, um die Drehungsachse zu fixiren. — Wenn die Fusseschraube des Stativs die Messung von Winkeln gestattet, so findet man aus zwei Beobachtungen von  $T$ ,  $T_1$  und  $T_2$  und der gemessenen Neigungsänderung der Achse  $i_2 - i_1$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (i_2 + i_1) = \operatorname{tg} \frac{1}{2} (i_2 - i_1) \frac{T_1^2 + T_2^2}{T_1^2 - T_2^2} \text{ und } T_0 = T_1 \sqrt{\sin i_1} = T_2 \sqrt{\sin i_2}.$$

Schwingungsdauer  $T$  lässt sich bei einigermaassen constantem Nullpunkte am sichersten bestimmen, indem zwei durch eine Anzahl von 2 m Schwingungen von einander getrennte Durchgänge des dem Nullpunkte zunächst liegenden Theilstrichs beobachtet werden. Das Zeitintervall durch 2 m dividirt, ergibt dann den mittleren Werth von  $T$ , denn es zeigte sich bald, dass auch innerhalb kleiner Amplituden, für welche beim mathematischen Pendel der Satz von der Constanz der Schwingungsdauer gilt, eine merkliche Abnahme der letzteren mit der Amplitude eintritt. Um dieselbe näher zu untersuchen, wäre eine Beobachtung der einzelnen Schwingungen erforderlich gewesen. Letztere war indessen bei Anwendung der Auge- und Ohrmethode bei kleiner Schwingungsdauer zu wenig sicher, bei grösseren Werthen von  $T$  störten die sich dann geltend machenden, durch kleine Erdvibrationen<sup>1)</sup> hervorgerufenen Nullpunktschwankungen. Vortheilhaft wäre deshalb hier die Anwendung eines Chronographen gewesen, der aber nicht zur Verfügung stand. Die Beobachtungen haben daher nur constatiren können, dass mit der Abnahme der Amplitude auch die Schwingungsdauer kleiner wird. Beispielsweise wurde beobachtet:

bei einer halben mittleren Amplitude von 82 mm	(33')	$T = 7.87$
„ „ „ „ „ „	35 „	(14') $T = 7.80$
„ „ „ „ „ „	16 „	(6') $T = 7.75$
bei ganz kleiner Amplitude . . . . .		$T = 7.73$ .

Ferner in einem anderen Falle

Amplitude 122 mm	(49')	$T = 13.05$
„ 62 „	(25')	$T = 12.80$
„ 18 „	(7')	$T = 12.50$ .

Jede dieser Zahlen ist das Mittel aus 10 Schwingungen.<sup>2)</sup> Wegen der Unsicherheit der Durchgangsbeobachtungen habe ich es vorgezogen, die Zeiten der Elongationen zu beobachten; diese Momente lassen sich selbst bei grossen Werthen von  $T$  mit einer Genauigkeit von 0.5<sup>s</sup> bequem auffassen, so dass man

<sup>1)</sup> Diese Vibrationen entsprechen den „earth tremors“ von Milne und haben mit den gewöhnlichen Erschütterungen des Verkehrs nichts gemein. Vermuthlich rühren sie von der Reibung des Windes her und haben daher horizontale Richtung.

<sup>2)</sup> Herr Professor Boergen hat später in Wilhelmshaven die Schwingungen mit dem Chronographen beobachtet und dabei obiges Resultat bestätigt gefunden. Auch bei den Strassburger Beobachtungen ist die rasche Zunahme von  $T$  mit wachsender Amplitude festgestellt worden.



schon durch 10 Schwingungen einen für die Ermittlung der Constante ausreichenden Werth von  $T$  erhält.

Die Ursache der Veränderlichkeit von  $T$  ist der theoretischen Betrachtung zu Folge in erster Linie nicht in der Abstumpfung der Spitzen, sondern vermuthlich in den durch die Elasticität bedingten Deformationen der letzteren und der Lager zu suchen. Beide Einflüsse sind von Bessel theoretisch untersucht und ihre praktische Bedeutung ist erst neuerdings von Wilsing bei seinen zur Bestimmung der Erddichte unternommenen Pendelbeobachtungen wieder nachgewiesen worden. Bei diesen Versuchen wurden relativ grosse Massen auf einer dicht über dem Schwerpunkte befindlichen Schneide in Schwingungen versetzt, wobei die Grösse des erwähnten Einflusses von dem Material der Schneide und des Lagers abgesehen von der Ordnung des Abstandes zwischen Schwerpunkt und Schneide war. Das Horizontalpendel, dessen Empfindlichkeit sich auf das feinste reguliren lässt, bietet ein anderes Beispiel, in welchem trotz der kleinen Dimensionen und Massen die Gestalt und Beschaffenheit der Lager und Spitzen einen merklichen Einfluss auf die Bewegung ausüben.

### 3.

Es wird nicht überflüssig sein, den Einfluss der Abstumpfung der Spitzen auf die Schwingungsdauer des Horizontalpendels hier zu untersuchen. Bei den bisher angewandten Formen des Pendels erleidet in Folge der mechanischen Unvollkommenheit der Schneide die Drehungsachse<sup>1)</sup> eine Verschiebung derart, dass sie sich stets parallel bleibt. Hier haben wir es dagegen mit einer Bewegung der Drehungsachse auf einer kegelförmigen Fläche zu thun, deren Gestalt durch diejenige der Spitzen bestimmt ist. Ohne die Allgemeinheit der Untersuchung zu beeinträchtigen, darf angenommen werden, dass beide Spitzen dieselbe Gestalt haben, dann wird ein gewisser Punkt der idealen Drehungsachse, welcher mitten zwischen den beiden Spitzen liegt, eine unveränderte

---

<sup>1)</sup> Ich gebrauche hier der Kürze wegen das Wort „Drehungsachse“, obwohl dasselbe nicht genau ist und eigentlich die Verbindungslinie der Berührungspunkte von Spitzen und Lagern gemeint ist. Die Lage der wahren Drehungsachse in einer bestimmten Phase ist durch die Schnittlinie der Ebenen bestimmt, welche durch den Schwerpunkt des Pendels gehen und die erwähnte Verbindungslinie zu Anfang und Ende eines unendlich kleinen Zeitintervalls enthalten.

Lage behalten. Setzen wir die Bedingungen eines einfachen Pendels voraus, so lässt sich die Bewegung des Horizontalpendels wie folgt auffassen. Wir betrachten die Bewegung eines materiellen Punktes, welcher gezwungen ist, sich auf einem Kreise vom Radius  $s$  zu bewegen, dessen Mittelpunkt fest ist, dessen Ebene dagegen während der Bewegung eine Veränderung ihrer Lage erfährt.

Wir denken uns (Fig. 2) die Projection von dem festen Mittelpunkte der Kreisfläche auf eine mit demselben concentrische Kugelfläche. Es sei  $Z$  das Zenith, die Punkte  $A$  und  $B$  mögen der verlängerten Drehungsachse in der Ruhelage und der Amplitude  $\vartheta$  entsprechen,  $S_0$  und  $S$  aber die entsprechenden Lagen des materiellen Punktes angeben. Dann ist  $AS_0 = 90^\circ$  und  $BS = 90^\circ$ ,  $SCS_0 = \vartheta$ . Setzen wir ferner  $ZA = i$ ,  $ZB = i'$ ,  $AC = a'$ ,  $BC = b'$ , ferner  $ZS = 90^\circ + \delta$  und  $SZS_0 = \Theta$ , so ergibt das Dreieck  $ZCS$

$$\begin{aligned}\cos \delta \cos \Theta &= \sin b' \sin(i + a') + \cos b' \cos(i + a') \cos \vartheta \\ \cos \delta \sin \Theta &= \cos b' \sin \vartheta \\ -\sin \delta &= \sin b' \cos(i + a') - \cos b' \sin(i + a') \cos \vartheta.\end{aligned}$$

Wenn wir nun unter  $xyz$  die rechtwinkligen Coordinaten des materiellen Punktes in Beziehung auf ein Coordinatensystem verstehen, dessen  $xy$ -Ebene horizontal, dessen  $z$ -Achse nach unten gerichtet und dessen  $xz$ -Ebene die Gleichgewichtsebene des Punktes ist, so ist, indem wir zugleich annehmen, dass  $i$ ,  $i'$ ,  $a$ ,  $a'$  kleine Grössen sind, deren Quadrate wir vernachlässigen,

$$\begin{aligned}x &= s \cos \vartheta \\ y &= s \sin \vartheta \\ z &= s b' - s(i + a') \cos \vartheta.\end{aligned}$$

Es lauten die Bedingungsgleichungen

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= x^2 + y^2 - s^2 = 0 \\ \varphi_2 &= x(i + a') + z - s b' = 0.\end{aligned}$$

Sind daher  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  unbestimmte Grössen, so heissen die Bewegungsgleichungen

$$\begin{aligned}\frac{d^2 x}{dt^2} &= \lambda_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} + \lambda_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= \lambda_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} + \lambda_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial y} \\ \frac{d^2 z}{dt^2} &= \lambda_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial z} + \lambda_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial z} + g.\end{aligned}$$

wo  $g$  die Schwere bezeichnet. Hieraus folgt

$$\frac{d^2 \vartheta}{dt^2} + \frac{\lambda_2}{s} \left\{ \cos \vartheta \frac{da'}{d\vartheta} - \frac{db'}{d\vartheta} \right\} + \frac{g}{s} (i + a') \sin \vartheta - \frac{g}{s} \left( \cos \vartheta \frac{da'}{d\vartheta} - \frac{db'}{d\vartheta} \right) = 0$$

$$\frac{d^2 \vartheta}{dt^2} + \frac{\lambda_2}{s} \left\{ (i + a') \sin \vartheta \right\} = 0$$

und schliesslich durch Elimination von  $\lambda_2$ ,

$$\frac{d^2 \vartheta}{dt^2} \left\{ (i + a') \sin \vartheta - \cos \vartheta \frac{da'}{d\vartheta} + \frac{db'}{d\vartheta} \right\} + \frac{g}{s} (i + a')^2 \sin^2 \vartheta$$

$$- \frac{g}{s} (i + a') \sin \vartheta \left\{ \cos \vartheta \frac{da'}{d\vartheta} - \frac{db'}{d\vartheta} \right\} = 0.$$

Indem wir uns nun auf die Betrachtung sehr kleiner Schwingungen zu beiden Seiten der symmetrischen Ruhelage des Pendels beschränken, ist es erlaubt,  $\sin \vartheta$  und  $\cos \vartheta$  durch ihre Reihen zu ersetzen. Um  $a'$  und  $b'$  zu bestimmen denken wir uns das Pendel in der Ruhelage und legen durch den Berührungspunkt der gedachten Achse mit der Spitze einen horizontalen Schnitt. In Anbetracht der Kleinheit der Drehung darf die durch denselben auf der Oberfläche der abgestumpften Spitze entstehende Schnittcurve als der Ort aller Berührungspunkte angesehen werden. Wir nehmen nun an (s. Fig. 2<sup>a</sup>), diese Curve sei ein Kegelschnitt, dessen Scheitel  $A$  heisse, und  $B$  sei der einer Elongation  $\vartheta$  entsprechende Punkt derselben. Nennen wir in Beziehung auf  $A$  und die Achse des Schnitts die Coordinaten von  $B$   $\xi$ ,  $\eta$ , so ist, wenn diese Grössen als Winkelwerthe, d. h. dividirt durch den halben Abstand der beiden Spitzen gedacht werden,

$$a' = \xi - \eta \cotg \vartheta$$

$$b' = - \frac{\eta}{\sin \vartheta}.$$

Es sei  $F$  der Brennpunkt,  $AFB = v$ ,  $FA = q$  und die Excentricität  $e$ , so ist

$$\xi = \frac{2q}{1+e} \sin^2 \frac{v}{2}, \quad \eta = 2q \sin \frac{v}{2},$$

ferner, wenn  $v$  sehr klein ist,

$$v = -(1+e) \vartheta$$

und somit, wenn  $p = q(1+e)$  gesetzt wird,

$$\xi = \frac{p}{2} \vartheta^2$$

$$\eta = -p \vartheta + \frac{p \vartheta^3}{6} (1+e) (1-2e).$$

Diese Ausdrücke geben

$$a' = b' = p + \frac{p \vartheta^2}{6} e(1 + 2e).$$

Durch Substitution dieser Ausdrücke wird obige Differentialgleichung eine Gleichung nach  $\vartheta$ , nämlich wenn

$$\omega = \frac{pe(1+2e)}{6(i+p)}$$

$$\frac{d^2 \vartheta}{dt^2} + g \frac{(i+p)}{s}, \vartheta \left\{ 1 + \omega \vartheta^2 - \frac{1}{6} \vartheta^2 \right\} = 0.$$

Die Integration ergibt die Schwingungsdauer

$$T = T^0 \left\{ 1 + \frac{\vartheta^2}{16} \left( 1 - \frac{pe(1+2e)}{i+p} \right) \right\},$$

wo

$$T^0 = \pi \sqrt{\frac{s}{g(i+p)}}.$$

Diese Formel gilt, wie gesagt, nur für sehr kleine Ablenkungen aus der Symmetrieebene. Für diese weicht die wahre Drehungsachse, welche, wie man sieht, durch die Mittelpunkte der der Amplitude  $\vartheta$  entsprechenden Krümmungskreise der beiden Schnitte führt, immer nur unmerklich von der genannten Ebene ab. Sind die Schnitte kreisförmig, so bleibt ihre Lage ganz unverändert.

$i + p$  ist diejenige Grösse, welche durch die Beobachtung bestimmt wird. Die Erfahrung hat gezeigt, dass, wenn dieselbe sich der Grösse  $p$  nähert, d. h.  $i = 0$  wird, dann das Pendel sich nicht mehr im stabilen Gleichgewicht befindet, sondern leicht umschlägt. Somit ist der Empfindlichkeit der Einstellung des Pendels eine Grenze gezogen, die von der Feinheit der Spitzen abhängt. Hat z. B. in unserem Falle  $p$  den linearen Werth 0.01 mm, welcher bei einem Abstände der Spitzen von 68 mm einen Bogenwerth von nahezu  $1'$  repräsentirt, so würde schon bei  $24^s$  Schwingungsdauer der Zustand des labilen Gleichgewichts erreicht werden. In der Praxis tritt übrigens aus Gründen, die sich der Beobachtung entziehen, der kritische Moment schon eher ein. Eine weitere Schlussfolgerung ist die, dass bei eintretender Abnutzung oder elastischer Deformation der Spitzen, welche die Folge längeren Gebrauchs sein kann, die Schwingungsdauer kleiner wird und  $p$  einen Betrag erreichen kann, der störend für die Regulirung des Apparates

ist. In Strassburg konnte beispielsweise trotz grösster Vorsicht die gewünschte Empfindlichkeit nicht erzielt werden. Es wurden darauf die Spitzen unter dem Mikroskop untersucht und dabei zeigte sich, dass der Krümmungsradius derselben etwa 0.024 mm betrug. Nach Einsetzung neuer feinerer Spitzen konnte die Schwingungsdauer sofort erheblich erhöht werden.

Obige theoretische Ergebnisse werden zum Theil durch die Beobachtungen bestätigt. Schon bei den in Karlsruhe ausgeführten Versuchen zeigte es sich, dass bei Ueberschreitung einer gewissen Schwingungsdauer (diese Grenze lag bei dem alten Pendel bei etwa 30°), das Pendel plötzlich umschlug, während die Feinheit der Fusschrauben eine viel grössere Empfindlichkeit hätte erreichen lassen müssen. Das Gleiche wurde an den beiden neuen Apparaten bemerkt, und es erhöht dieser Umstand die Schwierigkeit einer sehr empfindlichen Einstellung.

Ueberhaupt würde dieses Verhalten des Pendels, falls zu irgend einem anderen Zwecke die volle Empfindlichkeit desselben ausgenutzt werden sollte, eine weitere Prüfung erheischen, die sich leicht ausführen liesse, wenn die Neigungsveränderungen einerseits durch die Aenderung der Schwingungsdauer, andererseits durch die mit einer getheilten Trommel versehene Fusschraube gemessen würden.

Was die oben erwähnte mögliche Abnahme der Schwingungsdauer bei längeren Beobachtungen anbetrifft, welche gleichbedeutend ist mit einer Veränderung der Reductionsconstanten und in der That bei sehr hoher Empfindlichkeit des Pendels in einzelnen Fällen beobachtet wurde, so bedarf es nur einer häufigeren Bestimmung dieses Elements, um derselben Rechnung zu tragen. Wo es sich um genaue Uebertragung der Ausschläge des Pendels in Winkelmaass handelt, wird ohnehin bei jeder Beobachtung eine genaue Bestimmung desselben ausgeführt werden müssen. Bei der vorliegenden Beobachtungsreihe aber kam es zunächst weniger auf den absoluten Betrag der zu untersuchenden Bewegungen, als auf deren allgemeinen Charakter an, die wegen mangelnder Erfahrung Anfangs unterlassene häufigere Bestimmung der Constanten ist daher hier ohne Bedeutung. Aus demselben Grunde habe ich mich bei der Ermittlung der Schwingungsdauer bei horizontaler Achsenlage  $T_0$  mit einer Annäherung begnügt. Ist  $T$  die einer Neigung  $i$  der

wahren Drehungsachse gegen die Lothlinie entsprechende Schwingungsdauer, so erhält man

$$\sin i = \frac{T^2}{T_0^2}$$

und hieraus

$$di = 2 \sin i \left\{ \frac{dT_0}{T_0} - \frac{dT}{T} \right\},$$

wonach man den Einfluss eines Fehlers in  $T_0$  oder  $T$  beurtheilen kann.  $\sin i$  ist der Factor, mit dem die Winkelausschläge des Pendels zu multipliciren sind, um die denselben entsprechenden Richtungsänderungen der Drehungsachse in einer zur jedesmaligen Gleichgewichtsebene normalen Verticalebene zu erhalten.

Kehren wir nun zu der oben für  $T$  abgeleiteten Formel zurück, so genügt ein Blick auf dieselbe, um zu zeigen, dass die wahrgenommene Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Amplitude ihren Grund nicht in der unvollkommenen Gestalt der Spitzen haben kann. Lassen wir nämlich  $e$  alle Werthe von  $+\infty$  bis 0 durchlaufen, so erhalten wir für die Schnittcurven als Grenzfälle einerseits eine zur Achse derselben senkrechte Gerade, andererseits einen Kreis mit dem Radius  $p$ . Es ist nun leicht ersichtlich, dass keine plausible Annahme für  $e$  genügt, um eine der Beobachtung entsprechende Veränderung von  $T$  zu erklären. Das entsprechende Correctionsglied nämlich, welches der Beobachtung zu Folge positiv sein müsste, ist negativ. Eine einfache geometrische Betrachtung über die Bewegung der Drehungsachse ergibt ausserdem, dass die Schwingungsdauer wegen der Abstumpfung der Spitzen abnehmen muss.

Unter diesen Umständen ist anzunehmen, dass durch die Berührung der Achatlager mit den Stahlspitzen Elasticitätswirkungen hervorgerufen werden, die zwar theoretisch schwer zu untersuchen sind, aber wohl jene Erscheinung zur Folge haben können. Eine besondere Untersuchung derselben dürfte um so mehr Interesse bieten, als es leicht ist, bei dem Horizontalpendel die Bedingungen für die Beobachtung in der mannigfaltigsten Weise zu variiren.

Für die Beobachtungen, die den Gegenstand dieser Abhandlung bilden, sind die besprochenen Einflüsse ohne Belang, da einerseits nur geringe Empfindlichkeitsgrade angewendet wurden und andererseits es bei denselben nur auf die Aenderungen der Gleichgewichtslage und nicht auf die Einzelschwingungen ankommt. Die Empfindlichkeit der Instrumente weiter zu ver-

mehren, als es geschehen ist, verbot sich theils durch die Unruhe des Bodens, theils durch die Rücksicht auf die Dimensionen der vorhandenen Registrirapparate. Bei der Grösse der Schwankungen der Gleichgewichtslage wären dann nämlich, um den die photographische Curve verzeichnenden Lichtpunkt auf der Walze zu halten, häufige Aenderungen unvermeidlich gewesen, welche ich zur Erzielung möglichst ununterbrochener Reihen so viel als möglich zu umgehen wünschte.

Aus den gemachten Wahrnehmungen lassen sich einige Winke für die vortheilhafteste Construction des Pendels ableiten. Für dieselbe wollen wir die Bedingung festhalten, dass die Spitzen zu den Lagern senkrecht stehen und der Druck an diesen Stellen normal gerichtet sein soll, dass ferner sowohl der Druck, als die Reibung, wie endlich die Grösse  $p$  so klein als möglich ausfallen sollen. Um letztere möglichst herabzudrücken, wird man sich einerseits sehr feiner Spitzen bedienen, andererseits den Abstand zwischen denselben nicht zu klein wählen dürfen. Die Spitzen wiederum wird man um so feiner nehmen können, je geringer die Belastung derselben ist. Von den verschiedenen Umständen hängt schliesslich der Reibungswiderstand ab. Wegen der schiefen Stellung der Spitzen findet bei der Bewegung des Pendels eine gegenseitige Drehung derselben und der Achatschalen statt. Ist  $2\alpha$  der Winkel bei  $s$  in dem Dreieck  $S i i'$  (s. Fig. 1), so ist für kleine Ausschläge  $\vartheta$  der Betrag dieser Drehung  $\vartheta \sin \alpha$ . Bei gleichbleibendem Krümmungsradius der Spitzen wird man die aus der gleitenden Bewegung hervorgehende Reibung dieser Drehung und dem Druck proportional setzen können. Letzterer ist, wenn  $G$  das Gewicht des Pendels,  $\frac{G}{2 \sin \alpha}$ , mithin ist die Reibung für kleine  $\vartheta$  dem Gewicht des Pendels proportional und ändert sich nicht, wenn  $\alpha$  sich ändert. Hiernach wird man, ohne die Länge des Pendels viel zu ändern, den Abstand der Spitzen gegenüber dem Abstände des Schwerpunktes bedeutend grösser wählen können, als bei unserem Instrument, wo das Verhältniss  $\frac{7}{10}$  beträgt. Diese Aenderung entspricht auch der für  $p$  festgesetzten Bedingung. Ich glaube daher, dass man mit Vortheil dem Pendel einen Oeffnungswinkel — um mich kurz auszudrücken — von  $60^\circ$  bis  $90^\circ$  geben könnte, ohne die Empfindlichkeit zu beeinträchtigen, wenn man dasselbe aus Aluminium so leicht, als irgend möglich, herstellte und den Abstand der Spitzen selbst bis auf 200 mm vergrösserte.

## 4.

Ich komme nun zu den Beobachtungen über die Abnahme der Amplituden, die in grösserer Zahl angestellt wurden, um die Gesetzmässigkeit der Pendelbewegung zu prüfen. Auch hier waren besonders bei grossen Werthen von  $T$  die fast immer merklichen kleinen Bewegungen des Bodens störend. Es zeigte sich nun, dass das bekannte logarithmische Gesetz für die Abnahme der Amplituden in Folge des Luftwiderstandes den Beobachtungen nicht genügt. Dagegen wurde eine gute Darstellung erreicht, wenn die Differenzen der Logarithmen je zweier aufeinander folgender Amplituden als lineare Functionen der Zeit ausgedrückt wurden, wodurch man auf folgenden Ausdruck für die Amplitude geführt wird:

$$A_n = A_0 e^{\alpha n + \beta n^2}$$

wo  $A_0$  die Anfangsamplitude,  $\alpha$ ,  $\beta$  Constanten und  $n$  die Zahl der verfloffenen Schwingungen bezeichnet. Es seien nun  $E_0 \dots E_n$  5 aufeinander folgende Elongationen, ferner sei  $N_0$  der Nullpunkt zu Anfang der Beobachtungen und  $\varepsilon$  die Veränderung während der Dauer einer Schwingung, die für das in Frage kommende Zeitintervall als der Zeit proportional angenommen wird, dann haben wir

$$\begin{aligned} E_0 &= N_0 + A_0 \\ E_1 &= N_0 + \varepsilon - A_0 e^{\alpha + \beta} \\ E_2 &= N_0 + 2\varepsilon + A_0 e^{2\alpha + 4\beta} \\ E_3 &= N_0 + 3\varepsilon - A_0 e^{3\alpha + 9\beta} \\ E_4 &= N_0 + 4\varepsilon + A_0 e^{4\alpha + 16\beta}. \end{aligned}$$

Bildet man hier aus je zwei aufeinander folgenden Werthen die arithmetischen Mittel, von diesen wieder die Mittel u. s. f., so ergibt z. B. die zweite Reihe

$$\frac{E_0 + 2E_1 + E_2}{4} = N_0 + \varepsilon + \frac{A_0}{4} (2\beta + \alpha^2 + \dots)$$

und die vierte

$$\frac{E_0 + 4E_1 + 6E_2 + 4E_3 + E_4}{16} = N_0 + 2\varepsilon + \frac{A_0}{16} (12\beta^2 + \dots).$$

Da hier  $\beta$  stets ein sehr kleiner Bruch ist, so erhält man bei nicht zu grossen Amplituden schon durch die zweite Reihe der arithmetischen Mittel ziemlich genaue Werthe des Nullpunktes. Die erwähnten kleinen periodischen Schwankungen desselben werden hierbei mehr den Charakter von Beobachtungs-



fehlern tragen. Auf die hier angegebene Weise ist für jede Elongation der zugehörige Nullpunkt bestimmt worden. Der Abstand des Spiegels von der Scala betrug 4220 mm, der Spiegel lag 19 mm vor der Drehungsachse und der Symmetriepunkt der Scala war bei 670 mm. Aus den directen Ablesungen  $a^1$  wurde die verbesserte Ablesung  $a$  auf Grund obiger Daten durch die Formel

$$a = a^1 - \frac{a^1 - 670}{222} - \frac{(a^1 - 670)^2}{53\,425\,000}$$

gefunden. Die auf Seite 32 folgende Tabelle enthält eine Anzahl von Beobachtungsreihen, welche den Beweis liefern, dass, obgleich obiges Gesetz die Amplituden sehr nahe darstellt, dennoch eine geringe systematische Abweichung bestehen bleibt, welche zeigt, dass die Amplituden noch etwas rascher abnehmen. Aus den beobachteten Amplituden wurden mittelst der Methode der kleinsten Quadrate nach den Gleichungen

$$\log A_{n-1} - \log A_n = a - (n-1) b$$

etc.

die Constanten  $a$ ,  $b$  bestimmt, welche zur Berechnung der Amplituden nach der Formel dienen.

Setzt man 
$$A = A_0 e^{-\alpha(A)t}$$

und

$$\alpha(A) = \alpha_0 + \alpha_1 A + \alpha_2 A^2$$

sind ferner  $t'$ ,  $t''$  die Zeiten zweier aufeinanderfolgender Elongationen, so dass  $t'' - t' = T$ , so findet man bei Vernachlässigung der dritten Potenzen von  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$

$$\frac{\log A' - \log A''}{\text{Mod.}} = \left\{ \alpha_0 + \alpha_1 A_0 + \alpha_2 A_0^2 \right\} T - \left\{ 2\alpha_0 \alpha_1 A_0 + 4\alpha_0 \alpha_2 A_0^2 + \alpha_1^2 A_0^2 \right. \\ \left. + 5\alpha_1 \alpha_2 A_0^3 + 4\alpha_2^2 A_0^4 \right\} T \cdot t,$$

wo  $t = \frac{1}{2} (t' + t'')$ .

Setzen wir

$$\frac{a}{\text{Mod.}} = T (\alpha_0 + \alpha_1 A_0 + \alpha_2 A_0^2) - \frac{T^2}{2} (2\alpha_0 \alpha_1 A_0 + \dots)$$

$$\frac{b}{\text{Mod.}} = T (2\alpha_0 \alpha_1 A_0 + 4\alpha_0 \alpha_2 A_0^2 + \dots),$$

so ist

$$\log A' - \log A'' = a - bt',$$

welches die gleiche Form ist, wie die früher gefundene.

Hier sind  $a$  und  $b$  constant, so lange  $T$  constant ist, da aber  $T$  mit der Amplitude abnimmt, so wird das auch bei  $a$  und  $b$  der Fall sein, d. h.

Tabelle der Amplituden-Beobachtungen.

Beob.	Ber.	B.-R.	Beob.	Ber.	B.-R.	Beob.	Ber.	B.-R.	Beob.	Ber.	B.-R.
1889 Jan. 3. T = 5.86 <sup>s</sup>			1889 Jan. 3. T = 5.86 <sup>s</sup>			82.5	82.9	-0.4	224.4	224.4	0.0
27.0	27.0	0.0	97.1	96.8	+0.3	76.2	76.3	-0.1	212.2	213.4	-1.2
26.3	26.3	0.0	90.4	89.8	+0.6	68.4	70.2	-1.8	201.5	203.1	-1.6
25.8	25.7	+0.1	83.9	83.7	+0.2	61.9	64.6	-2.7	191.4	193.5	-2.1
25.1	25.1	0.0	77.9	77.9	0.0	57.0	59.6	-2.6	182.6	184.6	-2.0
24.7	24.5	+0.2	72.3	72.7	-0.4	53.7	55.0	-1.3	174.5	176.3	-1.8
24.0	23.9	+0.1	67.8	68.0	-0.2	49.4	50.8	-1.4	166.7	168.5	-1.8
23.2	23.4	-0.2	63.0	63.7	-0.7	45.3	47.0	-1.7	160.6	161.2	-0.6
23.0	22.9	+0.1	59.0	59.8	-0.8	42.3	43.5	-1.2	153.8	154.5	-0.7
22.3	22.4	-0.1	55.2	56.2	-1.0	40.0	40.3	-0.3	147.7	148.1	-0.4
22.0	22.0	0.0	51.9	52.9	-1.0	36.5	37.3	-0.8	141.9	142.1	-0.2
21.7	21.5	+0.2	49.0	49.9	-0.9	34.0	34.6	-0.6	136.8	136.6	+0.2
21.1	21.1	0.0	46.1	47.2	-1.1	32.8	32.2	+0.6	131.9	131.4	+0.5
20.8	20.7	+0.1	43.7	44.7	-1.0	30.1	29.9	+0.2	126.8	126.5	+0.3
20.3	20.3	0.0	41.6	42.5	-0.9	27.7	27.8	-0.1	123.0	121.9	+1.1
19.9	19.9	0.0	39.4	40.4	-1.0	26.3	25.9	+0.4	118.9	117.6	+1.3
19.8	19.5	+0.3	37.9	38.5	-0.6	23.8	24.2	-0.4	115.0	113.6	+1.4
19.1	19.2	-0.1	36.2	36.7	-0.5	21.9	22.6	-0.7	110.9	109.8	+1.1
19.1	18.9	+0.2	34.9	35.1	-0.2	21.8	21.1	+0.7	107.0	106.3	+0.7
18.6	18.6	0.0	33.6	33.7	-0.1	20.2	19.7	+0.5	103.0	103.0	0.0
18.3	18.3	0.0	32.2	32.3	-0.1	16.1	18.4	-2.3	100.1	99.9	+0.2
18.0	18.0	0.0	31.0	31.1	-0.1	14.1	17.3	-3.2	97.0	97.0	0.0
17.8	17.7	+0.1	30.3	30.0	+0.3	13.7	16.2	-2.5	94.1	94.2	-0.1
17.2	17.4	-0.2	29.3	28.9	+0.4	12.5	15.2	-2.7	1889 Jan. 14. T = 12.50 <sup>s</sup>		
17.1	17.2	-0.1	28.8	28.0	+0.8	11.8	14.3	-2.5	195.7	192.3	+3.4
16.9	16.9	0.0	27.9	27.1	+0.8	11.5	13.4	-1.9	180.6	181.6	-1.0
16.4	16.7	-0.3	27.1	26.3	+0.8	11.2	12.8	-1.6	165.6	169.7	-4.1
16.5	16.4	+0.1	26.4	25.6	+0.8	10.2	11.9	-1.7	157.5	159.6	-2.1
45.6	45.6	0.0	26.0	25.0	+1.0	10.1	11.2	-1.1	149.6	150.1	-0.5
43.2	43.1	+0.1	25.3	24.4	+0.9	9.6	10.6	-1.0	139.1	141.3	-2.2
40.8	40.8	0.0	24.8	23.9	+0.9	9.5	10.0	-0.5	130.5	133.1	-2.6
38.6	38.7	-0.1	24.2	23.4	+0.8	9.4	9.4	0.0	124.2	125.5	-1.3
36.8	36.9	-0.1	23.9	23.0	+0.9	9.1	8.9	+0.2	118.7	118.4	+0.3
35.2	35.2	0.0	23.2	22.6	+0.6	8.9	8.5	+0.4	110.1	111.7	-1.6
33.6	33.7	-0.1	22.9	22.3	+0.6	8.7	8.0	+0.7	105.1	105.5	-0.4
32.3	32.3	0.0	22.6	22.0	+0.6	7.3	7.6	-0.3	101.0	99.7	+1.3
30.9	31.0	-0.1	21.8	21.8	0.0	6.3	7.2	-0.9	94.7	94.2	+0.5
30.1	29.9	+0.2	1889 Jan. 11. T = 10.00 <sup>s</sup>			7.1	6.9	+0.2	90.3	89.2	+1.1
28.8	28.9	-0.1	117.1	117.1	0.0	7.1	6.5	+0.6	87.4	84.4	+3.0
28.1	28.0	+0.1	106.2	107.3	-0.9	6.6	6.2	+0.4	82.2	80.0	+2.2
27.0	27.1	-0.1	96.6	98.4	-1.8	1889 Jan. 12. T = 7.63 <sup>s</sup>			75.8	75.8	0.0
26.4	26.4	0.0	88.3	90.3	-2.0	235.9	236.2	-0.3	71.8	71.9	-0.1

Beob.	Ber.	B.-R.	Beob.	Ber.	B.-R.	Beob.	Ber.	B.-R.	Beob.	Ber.	B.-R.
<b>1889 Jan. 14. <math>T = 4.30^s</math></b>			207.6	207.2	+ 0.4	170.9	170.6	+ 0.3	212.8	212.6	+ 0.2
282.4	282.3	+ 0.1	205.2	204.9	+ 0.3	166.3	166.3	0.0	209.9	209.6	+ 0.3
278.3	278.3	0.0	202.6	202.6	0.0	162.1	162.1	0.0	206.9	206.5	+ 0.4
274.1	274.4	- 0.3	200.4	200.4	0.0	158.2	158.1	+ 0.1	203.9	203.6	+ 0.3
269.9	270.5	- 0.6	198.3	198.2	+ 0.1	154.1	154.3	- 0.2	201.0	200.7	+ 0.3
266.7	266.7	0.0	195.9	196.1	- 0.2	150.7	150.6	+ 0.1	197.9	197.9	0.0
263.0	263.1	- 0.1	194.0	194.0	0.0	147.6	147.0	+ 0.6	195.2	195.2	0.0
258.9	259.5	- 0.6	192.0	192.0	0.0	143.9	143.6	+ 0.3	192.5	192.4	+ 0.1
255.3	256.0	- 0.7	190.0	190.0	0.0	140.8	140.3	+ 0.5	189.7	189.8	- 0.1
252.6	252.6	0.0	<b>1889 Jan. 14. <math>T = 7.74^s</math></b>			137.9	137.1	+ 0.8	187.4	187.2	+ 0.2
249.2	249.2	0.0	134.9	134.1	+ 0.8	134.9	134.1	+ 0.8	184.5	184.7	- 0.2
246.1	246.0	+ 0.1	253.5	253.2	+ 0.3	131.9	131.2	+ 0.7	181.7	182.2	- 0.5
242.9	242.8	+ 0.1	245.6	245.6	0.0	128.8	128.3	+ 0.5	179.3	179.7	- 0.4
239.2	239.7	- 0.5	237.7	238.3	- 0.6	126.1	125.6	+ 0.5	177.0	177.3	- 0.3
236.1	236.6	- 0.5	229.9	231.3	- 1.4	123.7	123.0	+ 0.7	175.2	175.0	+ 0.2
233.1	233.6	- 0.5	222.7	224.6	- 1.9	121.2	120.4	+ 0.8	172.9	172.7	+ 0.2
230.4	230.7	- 0.3	215.9	218.2	- 2.3	118.7	118.0	+ 0.7	170.3	170.5	- 0.2
227.7	227.8	- 0.1	209.9	212.0	- 2.1	116.2	115.7	+ 0.5	168.1	168.2	- 0.1
224.8	225.1	- 0.3	204.9	206.1	- 1.2	113.7	113.4	+ 0.3	166.1	166.1	0.0
222.5	222.3	+ 0.2	199.7	200.4	- 0.7	111.3	111.2	+ 0.1	164.2	163.9	+ 0.3
220.0	219.7	+ 0.3	194.5	194.9	- 0.4	<b>1889 Jan. 14. <math>T = 5.24^s</math></b>			162.2	161.9	+ 0.3
217.6	217.1	+ 0.5	189.2	189.6	- 0.4	222.5	222.2	+ 0.3	160.3	159.8	+ 0.5
215.1	214.5	+ 0.6	184.2	184.6	- 0.4	219.0	219.0	0.0	157.9	157.8	+ 0.1
212.6	212.0	+ 0.6	179.8	179.7	+ 0.1	215.7	215.8	- 0.1	155.6	155.9	- 0.3
210.2	209.6	+ 0.6	175.3	175.1	+ 0.2				154.0	154.0	0.0

die Amplituden nehmen rascher ab, als es bei Annahme eines constanten  $T$  der Fall sein müsste, und dies entspricht den Beobachtungen, wie aus den in der Tabelle enthaltenen Zahlen zu ersehen ist. Letztere liefern zugleich einen Beweis für die Regelmässigkeit der Pendelbewegung auch bei starken Schwingungen und gestatten daher den Schluss, dass die Achse des Pendels trotz der leichten Lagerung derselben auf den polirten Achatflächen eine vollkommen stabile ist. Um so mehr ist dies daher anzunehmen, wenn das Pendel sich in Ruhe befindet und keine äusseren Störungen eintreten, ein Umstand, der von grösster Bedeutung für die Beurtheilung der Beobachtungen an diesem Instrumente ist.

## 5.

Um festzustellen, in wie weit auch in der gegenwärtigen Aufstellung des Pendels die Gleichgewichtslage desselben sich unabhängig von den in der

Nachbarschaft eintretenden Erschütterungen und sonstigen Störungen erweisen würde, wurden einige besondere Versuche angestellt.

Dieselben bezogen sich unter Anderem auf den Einfluss einer Belastung der Umgebung des Pfeilers. Mir ist nicht bekannt, dass durch irgend ein anderes Instrument derselbe in so auffallender Weise sichtbar gemacht werden könnte, als durch das Horizontalpendel. Bereits bei der Erwähnung der von mir in Karlsruhe angestellten Beobachtungen sind einige Bemerkungen hierüber gemacht worden. Bei einer allerdings ziemlich grossen Empfindlichkeit des Pendels konnte man daselbst durch Annäherung an den Pfeiler Ausschläge von mehr als  $2^{\circ}$  erzielen. In dem vorliegenden Falle war die Isolirung eine so viel bessere, dass die Ausschläge sich in sehr viel engeren Grenzen hielten. Da der Pfeiler ca. 90 cm tief fundirt und ausserdem von einem ca. 40 cm breiten Graben umgeben ist, so musste der Druck sich durch die tiefer gelegenen Schichten auf denselben übertragen. Trotzdem war bei nicht zu geringer Empfindlichkeit des Pendels ein Ausschlag desselben noch zu bemerken, wenn eine Person durch den den Keller umgebenden Rundgang (s. den Grundriss Fig. 3) sich bewegte, d. h. bei einer Entfernung von mehr als 3 m. Näherte man sich dem Pfeiler mehr, so nahmen die Ausschläge zu, und es war eine auffällige elastische Nachwirkung zu beobachten, welche in Anbetracht des Umstandes, dass der Boden unterhalb des Observatoriums bis zu einer Tiefe von nachweislich 50 m aus Sand besteht, überraschend erscheint.

Folgendes sind die betreffenden Beobachtungen:

1888, December 21.  $T_0 = 0.4067$ ,  $T = 18.45$ ,  $1 \text{ mm} = 0.0119$ .

Ein Centnergewicht wurde nach einander an die Ost- und Westseite des den Pfeiler überdeckenden Holzkastens dicht an denselben gestellt. Das Gewicht ruhte hierbei nicht auf dem Fussboden selbst, sondern auf einem die Grube bedeckenden Holzboden. Es wurde beobachtet (jede Ablesung ist aus einer grösseren Zahl von Elongationen abgeleitet):

	Centner Ost.		Centner West.
$6^{\text{h}} 10^{\text{m}}$ Ables.	605.3 mm	$6^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ Ables.	622.3 mm
17	605.0 „	50	622.1 „
30	604.3 „		
<hr/>		<hr/>	
$6^{\text{h}} 19^{\text{m}}$	604.9 mm	$6^{\text{h}} 45^{\text{m}}$	622.2 mm,

d. h. die Versetzung eines Centners von Ost nach West erzeugte eine Niveauveränderung des Pfeilers von 17.3 mm = 0.205. Bei dieser Beobachtung wurde abgewartet, bis das Pendel in der neuen Gleichgewichtslage zur Ruhe kam. Bei den folgenden Beobachtungen sind, um die elastische Nachwirkung zu zeigen, die aus den successiven Elongationen folgenden Nullpunkte einzeln aufgeführt.

1889 Januar 8. Ein Beobachter war am Fernrohr, ein zweiter stellte sich in einer Entfernung von etwa 1 m von der Pfeilermite auf den mit einer Ziegelschicht bedeckten Fussboden.

$$T = 13.25, \quad 1 \text{ mm} = 0.0230.$$

I. Reihe: *A* am Fernrohr, *B* (80 kg) am Pfeiler.

1. <i>B</i> Süd	2. <i>B</i> Ost	3. <i>B</i> Süd	4. <i>B</i> West	5. <i>B</i> Süd
624.0	612.2	609.4	630.0	634.6
	610.8	611.4	631.2	634.4
	610.8	612.7	632.4	631.4
	610.0	614.8	632.9	631.4
	607.8	615.6	633.3	630.9
	606.8	616.2	633.4	630.5
	606.4	616.3	635.2	629.5
	605.2	616.6	634.3	629.0
	604.8	Pause	634.6	629.4
	603.2	620.5	636.5	628.8
	603.3	621.9	637.0	630.0
	602.7	622.7	636.0	629.6
	<u>603.0</u>	624.0	637.5	630.1
		623.1	638.6	Pause
		623.0	638.6	627.8
		622.5	<u>638.3</u>	627.8
		622.7		628.8
		<u>622.7</u>		627.4
				627.9
				628.6
				<u>627.5</u>
				628.0

Hiernach erhalten wir für die Unterschiede der 5 Lagen

2—1	21.0	}	Mittel 16.7 = 0.384, also der Unterschied West—Ost 33.4 = 0.768.
3—2	19.7		
4—3	15.6		
5—4	10.3		

II. Reihe: *B* am Fernrohr, *A* (93 kg) am Pfeiler.

1. <i>A</i> Süd	2. <i>A</i> West	3. <i>A</i> Süd	4. <i>A</i> Ost	5. <i>A</i> Süd
628.0	636.8	634.5	618.3	614.7
627.5	636.8	633.7	617.2	615.0
627.8	637.5	633.5	616.7	616.5
627.2	637.5	632.9	615.4	616.5
627.6	638.2	632.8	614.3	617.5
627.4	638.7	632.5	611.9	616.0
628.2	639.5	632.5	610.5	Pause
627.5	Pause	632.3	608.9	621.0
627.7	642.4	632.2	608.4	620.0
<u>627.7</u>	642.6	<u>632.2</u>	607.5	621.4
	643.3		605.5	620.9
	643.6		606.2	622.0
	644.4		605.1	<u>622.0</u>
	644.4		605.2	622.0
	<u>644.5</u>		<u>604.6</u>	
	644.4		604.9	

Die Unterschiede der 5 Lagen sind hier

2—1	16.8	}	Mittel 18.3 = 0.422, West—Ost 36.6 = 0.844.
3—2	12.2		
4—3	27.3		
5—4	17.0		

Aus dem Gange dieser Zahlen ist deutlich zu ersehen, dass die Versetzung eines Gewichtes von einer Stelle zur anderen eine nicht momentane, sondern mit erheblicher Trägheit vor sich gehende Niveauveränderung erzeugt,

welche sich erst im Laufe mehrerer Minuten vollzieht und nach Fortnahme des Gewichtes mit derselben Langsamkeit zurückgeht.

1889 Januar 12. Ich führe hier nur die mittleren Nullpunkte an. Ein Centnergewicht wurde wie Januar 8 der Beobachter, jedoch dem Pfeiler um etwa 20 cm näher, aufgestellt.

I. Reihe:		II. Reihe:	
$T = 9.18, 1 \text{ mm} = 0.0479.$		$T = 10.80, 1 \text{ mm} = 0.0347.$	
1. Süd	615.1 ( 8 Elong.)	1. Süd	648.5 (12 Elong.)
2. Ost	611.5 (12 „ )	2. West	652.9 (52 „ )
3. West	618.9 (18 „ )	3. Ost	643.7 (24 „ )
4. Süd	615.0 ( 8 „ )	4. Süd	649.1 (14 „ )
	2—1 3.63		4.45
	$\frac{1}{2}(3-2)$ 3.66		4.60
	4—3 3.81		5.44
Mittel 3.70 = 0.176.		4.83 = 0.168.	

1889 Januar 14. Beobachtung wie Januar 8. Aufstellung wie Januar 12.

I. Reihe: *A* am Fernrohr, *B* (65 kg) am Pfeiler.

$$T = 11.0, 1 \text{ mm} = 0.0334.$$

- 1. *B* Süd 829.9
- 2. *B* Ost 822.3
- 3. *B* West 836.5
- 4. *B* Süd 832.9.

Hieraus folgt die mittlere Ablenkung

$$6.61 = 0.221.$$

II. Reihe: *B* am Fernrohr, *A* (93 kg) am Pfeiler.

$$T = 10.0, 1 \text{ mm} = 0.0404.$$

- 1. *A* Süd 832.7
- 2. *A* Ost 839.3
- 3. *A* West 823.1
- 4. *A* Süd 832.1.

Mittlere Ablenkung 7.96 = 0.322.

Reducirt man die verschiedenen Beobachtungen unter Annahme der Proportionalität auf 100 kg belastendes Gewicht, so ergeben dieselben folgende Ablenkungen:

1888	December	21.		0.410	
1889	Januar	8.	I	0.960	} 0.934
			II	0.908	
"	"	12.	I	0.704	} 0.680
			II	0.656	
"	"	14.	I	0.680	} 0.686.
			II	0.693	

Die beiden letzten Tage, bei denen die Bedingungen die gleichen waren, stimmen somit gut überein. ...December 21 war die Belastung des Bodens eine indirecte, da die Druckstelle auf den Holzplanken über der Grube lag. Derartige Beobachtungen besitzen auch ein gewisses Interesse mit Rücksicht auf die Aufstellung astronomischer Instrumente<sup>1)</sup>. Da man dieselben in sehr vielseitiger Weise variiren kann, so dürften dieselben ein geeignetes Mittel für die Untersuchung der Elasticitätsverhältnisse der oberen Erdschichten bilden. Hierfür würde es sich empfehlen, das Instrument gar nicht zu isoliren, sondern dasselbe unmittelbar auf den Boden gelegten Steinplatte aufzustellen, ferner für die Anstellung der Beobachtungen einen Ort mit normaleren Druckverhältnissen, als es die Fundamente schwerer Gebäude sind, zu wählen. Als praktisches Ergebniss obiger Beobachtungen ist die Regel aufzustellen, dass das Betreten der nächsten Umgebung des Pfeilers namentlich von der Seite her zu vermeiden ist.

Januar 14 wurde ein Versuch gemacht, um den Einfluss einer vorübergehenden seitlichen Erwärmung des Pfeilers festzustellen. Eine Person, welche eine Petroleumlampe in der Hand hielt, stellte sich an die Südseite des Pfeilers, worauf wie oben die Gleichgewichtslage bestimmt wurde. Darauf

---

<sup>1)</sup> Man darf z. B. nur an die veränderte Lage der Beobachter bei Nord- und Südbeobachtungen denken, um bei weniger gut fundirten Instrumenten hierin eine Quelle für systematische Unterschiede in den Neigungen und Aequatorpunkten zu finden. Bei den grösseren Instrumenten trifft dies natürlich wegen der Isolirung des Fussbodens, durch welche der Druck gleichmässig auf alle Seiten vertheilt wird, nicht zu.



wurde die Lampe, welche eine ziemlich erhebliche Wärme ausstrahlte, zuerst östlich, dann westlich in die unmittelbare Nähe des Stativs auf den Pfeiler gestellt und jedesmal nach längerer Pause eine Reihe von Elongationen beobachtet. Folgendes sind die Mittelwerthe:

	Lampe Ost	Lampe West
831.0		
832.0	832.4	834.3
832.4	832.0	833.9
832.9	832.7	833.9
832.5	833.4	833.8
833.0	834.0	833.4
832.5	833.4	833.5
832.9	833.6	833.5
832.8	833.7	833.4
832.9	<u>833.8</u>	<u>833.5</u>
<u>832.8</u>	833.6	
832.8		

Ein Einfluss der Wärmestrahlung ist hiernach nicht mit Sicherheit zu constatiren. Da nun eine derartige Störung des Temperaturngleichgewichts, wie sie hier künstlich herbeigeführt wurde, bei den fortlaufenden Beobachtungen, bei denen sich das Pendel obendrein unter einem Schutzkasten befindet, ausgeschlossen ist, so sind wir mit Rücksicht auf die ausserordentlich günstige Aufstellung des Apparates zu der Annahme berechtigt, dass nur solche periodische Wärmeeinflüsse, welche sich auf die Fundamente des Kellers erstrecken, auf die Bewegung des Pendels einwirken werden.

Was endlich die Erschütterungen anbetrifft, denen die Umgebung des Pendels ausgesetzt sein kann, so sind dieselben bei der isolirten Lage des Potsdamer Observatoriums begreiflicher Weise sehr geringe. Die Drehung der Kuppel über dem Ostthurme, welche an klaren Abenden benutzt wird, übt, wie durch Beobachtung festgestellt wurde, keinen störenden Einfluss aus. Zwar waren die schwachen verticalen Vibrationen des Spiegels im Fernrohre wohl zu erkennen, die Schwingungen aber gingen auch bei sehr kleiner Amplitude ungestört vor sich und der Nullpunkt blieb unverändert. Dies stimmt durchaus mit den früheren Wahrnehmungen überein. Anders wird es sich da-

gegen mit Erdbeben verhalten, sobald das Stosscentrum nicht unterhalb des Pendels liegt. In der That ist ja das Horizontalpendel in gröberer Form zur Zeit ein wichtiges Hilfsmittel der Seismographie. In der hier angewandten äusserst empfindlichen Gestalt ist es aber vielleicht der feinste aller bisher angewandten Seismographen und zur Angabe äusserst schwacher Stösse geeignet. Heftige Stösse müssen dasselbe dagegen ausser Thätigkeit setzen.

Bei der Einrichtung der beiden Stationen ist mit Rücksicht auf die gemachten Erfahrungen dafür Sorge getragen, dass die Apparate möglichst nahe der Gleichgewichtsebene des Pendels aufgestellt wurden. Wenn das Pendel eine Correction erforderte, so wurde dieselbe stets so vorgenommen, dass der Raum in der Nähe des Pfeilers nur von Nord oder Süd her betreten wurde.

## 6.

Es erübrigt noch, Einiges über die Registrirvorrichtung zu sagen. Zur Beleuchtung dient eine in fester Führung in einem nahezu lichtdichten Gehäuse eingeschlossene Petroleumlampe<sup>1)</sup> von 14 stündiger Brennzeit, von welcher das Licht durch einen verstellbaren verticalen Spalt von 20 mm Länge auf die Linse des Pendelapparates geworfen wird. Das Lampengehäuse ist auf einem kleinen eisernen Fusse montirt, welcher Correctionen in Höhe und in horizontaler Richtung vorzunehmen gestattet, ohne den Spalt zu berühren. Nachdem dieser Fuss auf dem für die Lampe bestimmten Pfeiler festgekittet ist, ist eine unveränderte Stellung des Spaltes gesichert.

Das durch ein Gewicht getriebene Uhrwerk des Registrirapparates bewegt eine horizontal liegende Walze von 20 cm Länge und  $56\frac{1}{2}$  cm Umfang in  $50^h$  einmal um ihre Achse, auf welcher sie mit starker Reibung gedreht werden kann. Auf der Walze wird das von Morgan & Kidd in Richmond bezogene photographische Papier<sup>2)</sup> aufgezogen und durch zwei Bügel festgehalten. Parallel der Achse und in gleicher Höhe wie diese liegt vor der Walze eine mit Correctionsvorrichtungen versehene Cylinderlinse von 20 cm Länge und

---

<sup>1)</sup> Bei den neueren Versuchen habe ich Benzin angewandt, welches bei den magnetischen Registrirungen in Potsdam mit Vortheil benutzt wird.

<sup>2)</sup> Die Entwicklung dieses Papiers geschieht mittelst des gewöhnlichen Oxalatentwicklers.

5 cm Brennweite. Dieselbe vereinigt das von dem Spalt ausgesandte Lichtbündel nach der Reflexion am Spiegel und zweimaligem Durchgange durch die Linse zu einem feinen Lichtpunkte auf der Oberfläche des Papiers. Da beide Spiegel das Licht reflectiren, so entstehen zwei Lichtbilder, von denen man das unbewegliche durch Drehung des festen Spiegels in jede gewünschte Lage bringen kann. Der feste Lichtpunkt, welcher während der Drehung der Walze eine gerade Linie verzeichnen muss und dadurch die Unveränderlichkeit der Aufstellung zu prüfen gestattet, dient zugleich zur Zeitmarkirung. Ein kleiner Lichtschirm wird zu Anfang jeder Stunde einmal auf 5 Minuten durch das Uhrwerk eingeschaltet und blendet das Licht des festen Punktes so lange ab. Ein- und Ausschaltung erfolgen momentan.

Das Registrirwerk ist auf einer schweren gusseisernen Platte montirt, durch welche die Schnüre des Gewichts und das Pendel hindurchgehen, und durch einen Holzkasten bedeckt, der oben durch einen Deckel geschlossen wird und vorn einen horizontalen Schlitz zum Durchlassen der Lichtstrahlen hat. Das Zifferblatt ragt seitlich aus dem Kasten hervor. Die Registrirapparate und Lampen wurden von Wanschaff in Berlin angefertigt. Das Wechseln der Lampen geschieht zweimal täglich und es sind, damit keine längere Unterbrechung eintritt, zwei für jeden Apparat vorhanden, welche in Schlittenführung in das Gehäuse eingeschoben werden. Der Bogenwechsel erfolgt an jedem zweiten Tage. Die Bedienung des Apparates ist somit, wenn derselbe einmal gut justirt ist, eine sehr einfache und erfordert, abgesehen von den bei stärkerer Bewegung des Pendels etwa nöthigen Correctionen, sehr wenig Zeit, ein Umstand, der bei fortlaufenden Beobachtungen als ein wesentlicher Vortheil anzusehen ist.

---

### III. Die Beobachtungen.

#### 1. Beobachtungen in Wilhelmshaven.<sup>1)</sup>

Die Auswahl dieses durch seine Lage an der Meeresküste ausgezeichneten Beobachtungsortes hat sich insofern als eine sehr günstige erwiesen, als die Erscheinungen, um deren Untersuchung es sich hier handelt, daselbst in besonders intensiver Form auftreten. Durch gütige Vermittelung des Herrn Professor Boergen wurde mir von der kaiserlichen Marinebehörde Anfangs die Genehmigung zur Benutzung einer Kasematte des dicht am Ufer gelegenen Fort Heppens ertheilt, und nach einigem Suchen wurde daselbst ein für den Zweck sehr geeigneter Raum gefunden. Schliesslich aber habe ich dennoch von der Benutzung dieses Raumes Abstand genommen und es vorgezogen, die Instrumente in einem Kellerraum des Marineobservatoriums aufzustellen. Einerseits zog sich nämlich die Ablieferung der Instrumente so weit hin, dass mit den Beobachtungen nicht frühzeitig genug begonnen werden konnte, um Störungen durch Geschützübungen zu vermeiden; andererseits musste ich gewärtig sein, dass über den nur vorübergehend überlassenen Kasemattenraum nach einiger Zeit anderweitig verfügt würde. Endlich schien auch, da ich selbst mich nicht in Wilhelmshaven aufhalten konnte, für die Bedienung und Beaufsichtigung der Apparate die Aufstellung auf dem Observatorium bessere Garantien zu bieten. Erstere hat bis gegen Ende April Herr Dr. Eschenhagen, späterhin Herr Professor Boergen in der freundlichsten Weise übernommen.

Die Aufstellung geschah, von den durch die veränderte Localität bedingten Modificationen abgesehen, in derselben Weise, wie ich sie später für

---

<sup>1)</sup> Da ich selbst bei der Aufstellung des Instruments in Wilhelmshaven nicht zugegen war, so ist an einigen Stellen auf die spätere Schilderung für Potsdam Bezug genommen.

Potsdam eingehender geschildert habe. Der zur Aufnahme des Horizontalpendels bestimmte Keller *A* liegt an der N.O.-Ecke des Hauses unter der Assistentenwohnung und steht durch eine Thür mit dem Treppenraume in Verbindung. Letztere, sowie die hochgelegenen Fenster, wurden Anfangs gedichtet, später jedoch, als es häufiger nothwendig wurde den Pendelraum zu betreten und die Feuchtigkeit im Keller zunahm, wurde die Dichtung der Thür beseitigt. Der Fussboden des Kellers liegt ca. 2 m unter dem äusseren Niveau, das Fundament des Pfeilers noch 0.90 m tiefer. Der Registrirapparat steht in dem südlich anstossenden Raume *B* in einem zur Abhaltung des Tageslichtes construirten Holzverschlage, die Zwischenmauer ist an den entsprechenden Stellen durchgeschlagen worden. Die Umgebung des Pfeilers ist zwar weniger gut isolirt als in Potsdam und durch das Betreten der Treppe kann das Pendel in schwache Schwingungen versetzt werden, doch entsteht dadurch keine dauernde Ablenkung desselben.

In Anbetracht der merkwürdigen Resultate, welche die Wilhelmshavener Beobachtungen ergeben haben, verdienen die dortigen Bodenverhältnisse genauere Erwähnung. Bei der Bohrung des artesischen Brunnens auf der kaiserlichen Werft zu Wilhelmshaven wurden für die oberen Schichten (nach Mittheilung von Herrn Professor Boergen) folgende Ergebnisse erhalten:

+ 5.10 m	}	Terrain.
		Mutterboden.
+ 4.75 "	}	Aufgeschütteter gelber Sand.
+ 4.35 "		Gemischter Boden (Klai, Sand, Torf).
+ 3.88 "	}	Aufgeschütteter Klaiboden, bei + 3.00 Grasnarbe. Von
		+ 5.10 bis + 3.00 ist der Boden künstlich erhöht. Bei
		+ 3.00 liegt der alte gewachsene Boden.
+ 3.00 "	}	Klai.
+ 2.00 "		Darg (Klai und Torf).
+ 0.95 "	}	Schlick mit blauem Sand (0.00 Nullpunkt am Pegel).
— 1.05 "		Blauer Sand mit Schlick.
— 2.00 "	}	Blauer Sand mit geringem Zusatz von Schlick.
— 4.05 "		Scharfer blauer Sand, mindestens einige hundert Meter (Bohrung
	}	bis 250 m) mächtig.

Unter Klai ist ein schwerer Thonboden zu verstehen, welcher, da er Wasser schwer durchlässt, bei anhaltenden Regengüssen gänzlich erweicht.

Obiges Bohrresultat kann als allgemein für das ganze Marschterrain giltig angesehen werden. Betreffs des Observatoriums theilte Dr. Eschenhagen mit, dass die Mauern desselben und somit auch der Pendelpfeiler in der oberen ca. 3 m mächtigen Klaischicht, die Pfeiler des Meridianinstrumentes dagegen in dem blauen Sande ruhen. Zwischen beiden liegt die ca. 1 m mächtige schwammige Schicht von zusammengepresstem Torf (Darg). Letztere scheint, wie wir später sehen werden, eine sehr grosse Elasticität zu besitzen. Das Niveau der Umgebung des Observatoriums ist ebenfalls durch Aufschüttung von Sand beträchtlich erhöht.

Soweit die mitgetheilten Bohrresultate erkennen lassen, besteht bis zu einer ansehnlichen Tiefe, von den obersten Schichten abgesehen, eine grosse Uebereinstimmung in der Beschaffenheit des Bodens an den beiden Stationen Wilhelmshaven und Potsdam. Zu erwähnen bleibt noch, dass das Observatorium zu Wilhelmshaven sich in einem Abstände von ca. 200 m von der Hochwasserlinie des Jadebusens befindet und eine ganz isolirte Lage im Norden der Stadt einnimmt. Der Jadebusen ist ein zum grösseren Theil sehr flaches Becken, welches durch eine Einschnürung in der Mitte, nahe welcher sich das Observatorium befindet, in die Aussen- und Binnenjade getheilt wird, die durch eine ca. 20 m tiefe Rinne in Verbindung stehen. Da der Grund des Beckens eine sehr geringe Böschung besitzt, so tritt das Wasser zur Ebbezeit weit zurück.

Schon beim Ausheben der für den Pendelpfeiler bestimmten Grube zeigte es sich, dass die obenerwähnte Thonschicht stark wasserhaltig ist. Die hierdurch bedingte grosse Feuchtigkeit des Pendelraumes hat bei dem raschen Steigen der äusseren Temperatur in der letzten Hälfte des April und im Mai die Erlangung brauchbarer Beobachtungen fast ganz vereitelt, indem durch fortwährendes Beschlagen der Gläser die Lichtpunkte abgeblendet wurden. In Folge dessen mussten nach längeren vergeblichen Bemühungen die Beobachtungen abgebrochen werden, um der Luft wieder einmal Zutritt zu dem Kellerraume zu gestatten. Später wurde dann die Glasplatte von dem Holzkasten abgenommen, und am 18. Juni konnte von Neuem mit den Beobachtungen begonnen werden, die von da an bis Anfang October reichen.

In Folge der hier erwähnten Störungen, zu denen zeitweise noch andere, durch Stehenbleiben der Uhr veranlasste, hinzutreten, zeigen die Beobachtungen in Wilhelmshaven einige grosse Lücken. Im Monat Mai konnten sogar nur an einzelnen Tagen brauchbare Ablesungen der Curven gemacht werden.

Zu der Tabelle der Beobachtungen (S. 49 fig.) sind folgende Bemerkungen zu machen. Die Ablesung der Ordinaten der Curve für den Anfang jeder Stunde Greenwicher Zeit geschah in der unter Potsdam näher geschilderten Weise mittelst derselben Glasscala. Soweit es möglich war sind alle Ablesungen auf den gleichen Nullpunkt reducirt, indem bei jeder stattgehabten Correction die Reductionsgrösse ermittelt wurde. Die grosse Pause im Monat Juni bildet natürlich eine Lücke, nach derselben sind die Beobachtungen erst vom 27. an mitgetheilt, da die ersten Tage unbrauchbar waren. Kleinere Lücken sind durch Interpolation ausgefüllt. Die zahlreichen zu den Beobachtungen gemachten Bemerkungen, welche die Lücken erklären, sowie die Uhr correctionen führe ich hier nicht an, dagegen sind die beobachteten Temperaturen in tabellarischer Form mitgetheilt, weil dieselben für die Beurtheilung der späteren Resultate von Wichtigkeit sind. Einheit der Zahlen ist 1 p der Glasscala = 5 mm, dieselben wachsen wenn das Pendel sich nach Osten hin bewegt, und es soll diese Richtung das positive Zeichen erhalten.

Die Constante  $T_0$  wurde fast übereinstimmend mit dem später am zweiten Pendel beobachteten Werthe =  $0.407$  gefunden. Der Abstand der Walze vom Spiegel war 4461 mm. Die Grösse  $T$  ist leider wegen mangelnder Erfahrung nicht so häufig bestimmt worden, als es sich später als wünschenswerth erwies. Vor Beginn der Beobachtungen fand Dr. Eschenhagen  $T = 7.98$  durch zweimalige Beobachtung. Juli 26 nahm Professor Boergen eine chronographische Bestimmung vor, welche mit grosser Sicherheit  $T = 8.255$  ergab. Hieraus habe ich zwei Werthe der Reductionsconstante abgeleitet, nämlich für die Einheit der Scala (5 mm) und für die Beobachtungen von März bis Mai

$$0.3002,$$

für die späteren Beobachtungen dagegen

$$0.2806.$$

Da die Uebertragung der Beobachtungsergebnisse in Winkelwerth zunächst geringeres Interesse hat, so ist durchweg bei allen Berechnungen die Einheit der

## Temperaturen im Pendelraum (Wilhelmshaven).

Die Ablesungen der Temperatur p. m. und a. m. geschehen in der Regel gegen Mittag und Mitternacht.

Datum	p. m. a. m.	Datum	p. m. a. m.	Datum	p. m. a. m.	Datum	p. m. a. m.
März 19.	+ 5.2 <sup>0</sup> + 5.3	April 7.	+ 7.5 <sup>0</sup> + 7.3	April 27.	+ 9.1 <sup>0</sup> + 9.1	Mai 15.	+ 13.4 <sup>0</sup> + 13.5
20.	+ 5.6 + 5.7	8.	+ 7.3 + 7.2		+ 9.1	16.	+ 13.5 + 13.4
21.	+ 5.0	9.	+ 7.2 + 7.3	28.	+ 9.1	17.	+ 13.3
22.	+ 4.9 + 5.4	10.	+ 7.3 + 7.3	29.	+ 9.2 + 9.3	18.	+ 13.2 + 13.2
23.	+ 5.6 + 5.7	11.	+ 7.7 + 7.6	30.	+ 9.5 + 9.6	19.	+ 13.2 + 13.2
24.	+ 6.0 + 6.3	12.	+ 7.4 + 7.6	Mai 1.	+ 10.0 + 10.2	20.	+ 13.2 + 13.2
25.	+ 6.4 + 6.7	13.	+ 7.7 + 7.7	2.	+ 10.5 + 10.6	21.	+ 13.2 + 13.3
26.	+ 6.8 + 6.8	14.	+ 7.8 + 7.7	3.	+ 10.7 + 10.8	22.	+ 13.4 + 13.7
27.	+ 6.5	15.	+ 7.7 + 7.5	4.	+ 11.0 + 11.2	23.	+ 13.8 + 14.0
28.	+ 6.7 + 6.7	16.	+ 7.4 + 7.3	5.	+ 11.3 + 11.5	24.	+ 14.4 + 14.8
29.	+ 6.8 + 6.9	17.	+ 7.4 + 7.5	6.	+ 11.9 + 12.2	25.	+ 15.1 + 15.1
30.	+ 7.0 + 7.2	18.	+ 7.5 + 7.7	7.	+ 12.4 + 12.5	26.	+ 15.3 + 15.4
31.	+ 7.1 + 7.4	19.	+ 7.6 + 7.9	8.	+ 12.6 + 12.5	27.	+ 15.6 + 15.7
April 1.	+ 7.5 + 7.4	20.	+ 8.0 + 8.3	9.	+ 12.6 + 12.8	29.	+ 15.7 + 16.2
2.	+ 7.6 + 7.6	21.	+ 8.5 + 8.9	10.	+ 13.1 + 13.4	30.	+ 15.8 + 15.7
3.	+ 7.6 + 7.5	22.	+ 9.2 + 9.2	11.	+ 13.3 + 13.6	31.	+ 15.4 + 15.7
4.	+ 7.5 + 7.5	23.	+ 9.2 + 9.2	12.	+ 13.5 + 13.4	Juni 1.	+ 15.7 + 15.9
5.	+ 7.3 + 7.3	24.	+ 9.3 + 9.2	13.	+ 13.4 + 13.2	2.	+ 15.7 + 16.0
6.	+ 7.4 + 7.3	25.	+ 9.3 + 9.3	14.	+ 13.2 + 13.1	3.	+ 18.0 + 17.2
		26.	+ 9.3 + 9.2				+ 18.3



Am 15. August zerbrach das Thermometer und wurde durch ein anderes nach Réaumur getheiltes ersetzt.

Datum	p. m.	a. m.	Datum	p. m.	a. m.	Datum	p. m.	a. m.
Juni 18.	+ 16.4 <sup>0</sup>	+ 15.8 <sup>0</sup>	Juli 24.	+ 15.8 <sup>0</sup>	+ 15.8 <sup>0</sup>	August 28.	+ 12.0 <sup>0</sup>	+ 12.0 <sup>0</sup>
19.	16.2	16.1	25.	15.7	15.8	29.	12.0	12.2
20.	16.4	16.4	26.	15.6	15.6	30.	12.0	12.2
21.	16.8	16.7	27.	15.7	15.9	31.	12.5	12.5
22.	16.6	16.5	28.	15.7	15.8	September 1.	12.7	12.4
23.	16.5	16.7	29.	15.7	15.6	2.	12.5	12.3
24.	16.7	16.8	30.	15.6	15.6	3.	12.3	12.2
25.	17.0	17.2	31.	15.6	15.7	4.	12.1	12.2
26.	17.2	17.0	August 1.	15.6	16.0	5.	12.1	12.1
27.	17.3	17.5	2.	15.9	16.0	6.	12.1	12.2
28.	17.6	17.8	3.	16.0	16.3	7.	12.1	12.1
29.	18.0	17.7	4.	16.3	16.4	8.	12.1	12.3
30.	17.8	17.7	5.	16.2	16.4	9.	12.4	12.5
Juli 1.	17.8	17.7	6.	16.2	16.2	10.	12.5	12.5
2.	17.4	17.4	7.	16.0	16.2	11.	12.7	12.8
3.	17.4	17.4	8.	15.9	15.9	12.	13.0	13.0
4.	17.4	17.4	9.	15.8	15.8	13.	12.6	12.5
5.	17.6	17.6	10.	15.8	16.0	14.	12.1	12.0
6.	17.5	17.6	11.	15.8	15.8	15.	11.5	11.0
7.	17.6	17.4	12.	15.7	15.7	16.	11.0	—
8.	17.2	17.2	13.	15.6	15.6	17.	11.0	11.0
9.	17.0	17.2	14.	15.5	15.5	18.	10.9	11.0
10.	17.4	17.5	15.	—	12.2	19.	10.9	10.8
11.	17.4	17.4	16.	12.4	12.2	20.	10.4	10.5
12.	17.4	17.3	17.	12.5	12.6	21.	10.2	10.0
13.	17.2	17.1	18.	12.6	—	22.	10.0	10.0
14.	17.0	16.7	19.	12.6	12.9	23.	10.0	10.0
15.	16.6	16.6	20.	13.0	13.0	24.	10.0	10.0
16.	16.3	15.9	21.	13.0	13.0	25.	10.0	9.9
17.	15.8	15.8	22.	13.0	12.8	26.	9.9	10.0
18.	15.6	15.6	23.	12.6	12.5	27.	10.0	10.1
19.	15.5	15.6	24.	12.5	12.1	28.	10.0	10.0
20.	15.6	16.0	25.	12.1	12.0	29.	10.0	10.0
21.	16.0	16.3	26.	12.0	12.0	30.	10.0	10.1
22.	16.1	16.1	27.	12.0	12.0	October 1.	10.1	—
23.	15.9	16.0						

Glasscala beibehalten, erst bei den Endresultaten hat die Uebertragung stattgefunden, indem das Mittel der beiden obigen Werthe

**0.2904**

angewandt wurde.<sup>1)</sup> Hierbei repräsentiren die Ordinatenänderungen der Curve die 3556malige Vergrößerung der Bewegungen, welche die Spitze eines 1 m langen Pendels ausführen würde.

Trotz der geringeren Empfindlichkeit des Pendels in Wilhelmshaven sind die Curven daselbst viel reichhaltiger an interessanten Einzelheiten, als die in Potsdam erhaltenen. An manchen Tagen sind so zahlreiche Wellen von der verschiedensten Amplitude und Zeitdauer zu sehen, dass man beim Anblick der Photogramme fast an die Aufnahmen magnetischer Störungen erinnert wird. In Folge dessen zeigen auch die Ablesungen keinen ganz so regelmässigen Verlauf. Aus der verschiedenen Aufstellung der Apparate an den beiden Stationen in Wilhelmshaven und Potsdam folgt, dass, während ein und dieselbe Niveauveränderung an beiden Orten die Ordinaten der Curve (mit Rücksicht auf das denselben ertheilte Zeichen) in gleichem Sinne sich ändern lässt, die Wirkung magnetischer Kräfte z. B. (falls dieselben trotz des angewandten Materials die Lage des Pendels dennoch beeinflussen sollten) sich in entgegengesetztem Sinne äussern muss.

---

<sup>1)</sup> Hierbei ist auf das Einschrumpfen des Papiere beim photographischen Prozess nicht Rücksicht genommen. Offenbar wird dadurch die Reductionsconstante verändert und zwar vergrößert werden. Dr. Eschenhagen findet, dass die Ordinaten durch das Einschrumpfen um 1 % ihrer Länge kürzer werden.

## Curven-Ablesungen, auf gemeinsamen Nullpunkt reducirt.

Bemerkung: Die Ablesungen wachsen, wenn das Pendel von West nach Ost sich bewegt.

## Wilhelmshaven.

		März 1889																						
Mittl. Green- wicher Zeit		7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.			
0 <sup>h</sup>	13.2	14.5	18.1	31.2	24.9	34.7	23.9	29.5	29.4	21.6	19.8	18.4	12.4	8.3	11.7	21.3	32.4	29.8	35.2	26.3				
1	12.8	15.5	20.2	32.4	24.7	34.9	24.2	29.9	30.3	21.2	21.0	17.0	12.7	9.9	11.7	22.3	34.6	30.6	34.2	26.4				
2	12.3	15.5	21.1	32.8	24.3	34.6	24.3	29.4	29.8	19.7	21.3	16.1	12.1	10.2	11.4	23.0	36.6	31.2	33.3	26.3				
3	11.0	14.9	21.3	31.8	23.7	35.8	24.0	28.7	28.1	18.1	20.4	14.8	11.4	10.2	10.5	22.7	37.3	31.7	32.0	25.1				
4	8.9	13.7	20.9	29.6	23.4	35.0	23.3	27.6	26.4	17.0	18.7	13.3	9.8	8.6	9.2	21.7	36.0	31.6	30.3	23.8				
5	6.6	11.9	20.2	27.8	23.0	33.0	22.4	25.9	24.6	16.1	17.4	12.5	8.4	7.2	8.0	19.9	34.0	31.5	28.5	22.3				
6	6.1	10.8	19.5	26.1	23.1	31.3	21.9	25.3	22.7	15.3	16.5	11.7	7.1	6.3	7.4	18.3	32.3	31.0	27.2	21.5				
7	5.3	10.1	18.9	25.1	22.7	30.2	22.0	25.3	22.3	14.5	15.9	11.4	5.9	5.1	7.4	17.4	29.7	30.5	26.2	20.9				
8	4.7	9.5	18.0	24.9	22.2	29.0	22.1	25.1	21.5	13.6	15.5	11.1	5.1	3.9	7.5	17.0	27.7	30.5	25.0	20.0				
9	4.5	9.1	17.8	24.3	21.9	27.9	22.7	—	20.9	13.0	15.6	10.6	4.7	2.9	7.7	17.2	27.0	30.4	24.1	18.7				
10	4.2	8.6	18.1	23.8	21.6	26.4	23.3	—	20.2	12.5	15.7	10.5	4.4	2.3	8.0	17.1	26.1	30.5	22.8	17.9				
11	4.3	8.3	18.9	23.0	21.8	25.1	23.4	—	19.2	12.1	15.9	10.3	4.5	2.6	8.4	17.2	26.2	30.6	21.2	17.4				
12	4.7	8.3	19.6	22.5	22.3	24.1	22.8	—	18.1	11.5	15.5	10.4	4.5	2.4	9.2	17.3	26.1	30.6	20.1	17.2				
13	5.1	7.9	20.2	22.0	23.2	23.8	23.0	—	17.3	11.0	15.2	10.3	4.3	3.1	10.2	17.7	25.9	30.8	19.0	17.1				
14	5.8	7.7	20.6	21.7	24.2	23.0	23.3	—	16.6	11.0	14.7	9.8	3.7	3.8	10.9	18.2	26.1	31.0	18.5	16.8				
15	6.4	7.9	21.2	21.7	24.5	22.2	23.7	—	15.9	11.1	14.1	8.8	2.5	4.2	11.5	18.6	26.3	31.4	17.8	17.5				
16	6.8	7.8	21.4	22.0	24.2	22.0	24.2	—	15.4	10.6	14.0	8.1	1.9	3.9	12.2	19.2	26.3	31.7	17.6	18.0				
17	7.0	7.7	21.4	22.1	24.5	21.9	24.7	—	14.9	10.2	14.0	7.7	1.4	3.3	11.7	19.1	26.3	31.7	18.1	18.5				
18	7.1	7.8	21.8	21.9	25.5	21.8	25.4	—	15.3	10.4	14.1	7.6	1.2	3.4	12.2	19.3	26.2	31.6	18.5	19.5				
19	7.8	9.2	22.1	22.1	26.7	21.9	26.5	—	16.0	11.9	14.1	7.9	1.6	5.0	13.9	20.5	26.4	31.8	19.2	20.5				
20	9.0	10.8	23.4	22.1	28.0	22.0	27.6	—	17.5	13.7	15.2	8.4	2.3	6.7	15.7	22.3	26.4	32.0	21.0	21.8				
21	9.9	12.0	24.7	22.4	30.7	22.0	28.7	—	19.8	16.0	16.3	9.5	3.0	9.0	17.5	24.6	27.0	33.0	22.5	23.5				
22	11.7	13.6	26.5	23.2	32.2	22.0	30.0	—	21.3	18.2	17.6	10.4	4.3	10.5	19.1	27.4	27.6	33.8	24.3	25.2				
23	12.6	15.5	28.4	23.9	33.8	22.8	28.9	—	21.5	19.5	18.5	11.6	6.0	11.3	20.1	30.3	28.6	35.0	26.2	26.1				

Mittl. Green- wicher Zeit	März 1889											April 1889										
	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.		
0 <sup>h</sup>	27.0	37.2	33.5	29.0	26.3	23.9	15.7	18.5	12.9	13.7	16.0	15.9	12.0	12.9	15.0	18.7	16.1	14.9	19.2	22.5		
1	29.2	37.5	32.7	28.8	26.3	25.2	16.1	17.4	13.4	14.5	17.0	16.9	11.9	14.3	16.3	18.8	16.3	14.6	19.6	21.7		
2	29.7	37.5	33.2	28.1	26.3	23.4	17.1	17.9	14.3	14.9	16.4	17.2	11.7	14.3	16.4	19.1	16.8	14.4	20.5	21.0		
3	29.6	37.1	32.3	27.5	25.4	21.3	16.7	16.2	14.2	14.9	16.0	18.0	11.8	14.1	16.2	18.7	17.0	14.1	20.3	20.3		
4	29.0	36.7	30.6	27.2	24.3	19.8	15.3	14.5	13.2	14.3	14.5	17.0	11.2	13.3	15.7	19.0	16.2	13.6	19.7	18.8		
5	28.1	34.7	30.0	26.5	23.5	18.3	13.9	13.0	12.5	13.2	13.5	15.5	10.2	12.3	14.8	18.4	15.4	13.3	19.0	17.7		
6	27.9	33.5	28.9	25.2	23.0	16.0	12.3	11.7	12.0	12.4	12.3	14.2	8.4	11.5	13.4	18.0	14.7	13.0	18.1	16.6		
7	28.2	32.7	28.4	24.3	22.5	15.1	11.4	10.6	11.3	12.1	11.4	13.3	6.6	10.7	12.3	17.3	14.2	13.1	17.4	16.1		
8	28.4	32.4	28.2	23.4	22.0	13.4	10.2	9.7	10.0	11.2	11.0	12.4	5.5	10.2	11.4	16.6	13.3	13.2	17.1	15.0		
9	28.6	31.7	28.3	23.0	21.4	12.7	10.1	8.9	9.3	10.5	10.4	11.7	5.6	10.2	11.2	15.8	12.7	13.3	16.8	14.4		
10	28.4	30.0	28.2	22.7	21.0	12.6	9.4	8.3	8.9	9.9	10.2	11.0	5.5	9.9	11.0	15.1	12.3	13.4	16.9	15.0		
11	28.3	28.5	27.6	22.6	21.1	12.4	9.4	8.3	8.5	9.6	10.0	10.4	5.4	9.6	10.7	14.3	11.4	13.3	16.9	14.9		
12	27.5	27.8	27.1	22.2	20.9	12.2	9.5	9.1	8.2	9.0	9.4	10.3	5.3	9.8	10.8	13.8	10.8	12.9	16.4	14.3		
13	27.0	27.2	26.2	21.7	20.6	11.7	9.3	9.4	8.3	9.3	9.2	10.2	5.3	9.8	10.8	13.3	10.2	12.5	16.0	13.3		
14	26.7	26.5	25.3	20.5	20.0	11.0	9.2	9.3	8.0	9.4	9.3	10.0	5.6	9.7	11.2	12.9	9.6	12.5	15.7	12.4		
15	26.6	26.2	25.1	19.7	19.2	10.4	8.5	9.3	7.4	9.3	9.3	9.7	5.8	9.6	11.4	12.4	9.2	12.4	15.5	11.7		
16	26.3	26.0	24.9	19.2	18.7	8.7	7.7	8.9	6.7	9.3	9.3	9.3	6.0	9.6	11.9	12.0	8.8	12.5	15.3	11.3		
17	26.3	25.5	25.1	19.1	18.5	8.2	7.5	8.7	6.3	9.3	9.0	9.0	6.1	9.9	12.4	12.0	8.7	12.7	15.4	11.6		
18	26.7	26.0	25.3	19.3	18.7	9.2	8.0	9.2	7.0	9.6	8.9	9.0	6.2	10.1	13.3	12.3	9.1	13.3	15.5	12.5		
19	28.9	26.9	25.5	19.8	19.2	9.8	8.6	10.0	8.1	10.3	9.8	9.3	6.7	10.4	14.3	13.2	9.7	14.0	16.2	14.5		
20	31.7	28.3	26.0	20.1	19.5	11.9	11.2	10.5	9.3	11.5	10.9	10.1	8.0	10.7	15.3	14.2	10.8	15.1	17.5	16.2		
21	34.1	30.1	26.9	21.0	20.4	11.4	12.8	11.4	10.2	12.6	12.2	11.1	9.3	11.5	16.0	15.1	12.6	16.4	19.3	18.6		
22	35.9	31.4	28.0	21.9	21.2	13.3	14.8	12.7	11.2	14.3	13.5	11.9	11.2	12.6	16.6	15.7	14.0	17.4	20.5	20.2		
23	36.6	32.4	28.4	23.8	23.1	15.5	16.5	12.5	12.3	15.2	14.6	11.6	11.8	14.0	17.8	15.7	14.8	18.9	21.3	20.9		

Mittl. Green- wicher Zeit	April 1889										Mai 1889									
	16.	17.	18.	19.	20.	21.	26.	27.	28.	29.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
	0 <sup>h</sup>	21.9	24.7	29.3	—	—	43.8	37.9	46.3	45.8	55.7	—	46.0	40.6	39.7	40.4	36.6	31.5	27.6	28.3
1	22.4	25.0	30.8	—	—	45.3	38.4	46.1	46.2	56.9	—	46.8	42.1	41.1	40.7	36.9	31.9	27.8	29.3	—
2	22.5	24.5	32.2	—	—	45.7	38.5	47.2	46.0	56.8	—	47.5	41.8	41.0	40.6	36.4	31.9	27.6	29.7	—
3	21.7	23.3	32.0	—	—	46.0	38.6	47.1	46.1	55.6	—	47.6	41.5	41.8	42.0	37.3	32.9	26.7	29.6	—
4	20.3	21.3	31.0	—	—	44.8	38.4	46.5	46.6	54.2	—	47.2	41.6	42.4	41.6	37.0	33.5	25.7	29.3	—
5	19.0	20.0	29.7	—	—	42.7	40.0	45.7	46.0	52.8	—	46.4	41.0	41.9	40.9	35.8	33.0	25.0	—	—
6	17.4	19.0	28.8	—	—	40.8	40.4	45.1	45.5	51.9	—	45.9	40.6	41.6	38.7	35.2	32.6	24.4	—	—
7	16.2	18.2	27.7	—	—	39.5	40.7	43.6	44.9	50.6	—	44.6	40.0	39.7	37.9	34.2	32.0	24.0	—	—
8	15.3	17.1	26.3	37.1	—	38.7	41.1	43.6	44.8	49.5	—	43.1	40.2	38.6	37.0	33.8	31.5	24.0	—	—
9	15.2	16.3	25.3	36.1	37.3	38.3	41.4	43.6	44.6	48.9	—	41.6	39.3	38.0	36.1	33.6	31.2	24.0	—	—
10	15.1	17.2	24.6	35.4	36.4	37.8	41.3	43.0	44.6	48.3	—	40.3	38.9	37.1	35.4	33.6	30.9	23.9	—	—
11	14.9	17.8	24.4	35.3	35.9	37.3	41.0	42.4	44.6	47.7	—	38.9	37.9	36.1	34.2	32.9	31.3	24.0	—	—
12	14.9	18.3	24.9	35.8	35.5	36.8	40.6	41.3	43.9	47.1	44.4	37.2	37.6	34.6	32.7	32.6	—	23.9	—	—
13	14.5	18.8	25.6	36.2	35.3	36.7	39.5	40.8	42.9	46.3	43.1	35.7	37.2	33.6	30.9	31.9	—	23.8	—	—
14	14.0	19.0	26.0	36.4	35.0	36.0	38.8	40.4	42.3	45.4	42.1	34.4	36.5	32.7	29.9	—	—	23.5	26.5	26.8
15	13.4	19.1	26.4	36.3	34.1	35.7	38.5	40.4	41.9	44.5	41.1	33.0	35.9	31.8	29.0	—	—	23.1	25.8	25.9
16	12.9	18.7	26.1	35.7	33.5	35.7	38.6	40.2	41.6	43.5	40.5	32.3	35.4	32.1	28.4	—	—	23.2	25.4	25.2
17	12.8	19.2	26.3	35.5	33.6	35.9	38.6	40.1	41.9	43.3	41.2	32.9	35.4	33.1	29.1	—	—	23.5	25.5	24.9
18	13.6	19.9	27.6	35.7	34.1	37.0	39.0	40.3	42.5	44.2	43.3	35.3	35.6	34.5	31.6	—	—	24.0	25.7	24.8
19	14.8	21.3	29.7	36.7	35.6	37.6	40.3	40.8	44.8	45.6	44.3	36.7	36.0	35.8	32.9	—	—	24.2	25.7	25.1
20	16.3	22.1	31.0	—	37.2	39.3	42.3	41.3	46.6	47.3	44.7	37.6	36.7	36.7	34.3	—	—	24.8	25.9	25.6
21	18.3	23.6	32.4	—	39.2	40.7	44.1	42.2	49.6	49.1	45.0	38.7	37.4	38.6	35.5	—	—	25.7	26.8	26.4
22	19.8	24.9	35.3	—	40.6	41.8	46.3	43.1	51.9	51.3	45.4	38.9	38.4	39.5	36.2	—	—	26.6	27.7	26.6
23	22.5	27.0	37.0	—	42.0	42.6	47.2	43.6	55.6	47.9	45.8	40.4	38.9	40.4	36.4	—	—	27.0	28.6	27.6

Mittl. Green- wicher Zeit	Mai 1889										Juni 1889								Juli 1889														
	19.	20.	21.	22.	29.	30.	31.	1.	27.	28.	29.	30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.					
	0 <sup>h</sup>	—	32.4	38.4	41.0	34.6	34.9	38.9	37.5	28.1	33.6	38.4	37.0	36.3	31.2	30.9	30.2	29.9	23.5	14.5	20.5	37.5	28.1	33.6	38.4	37.0	36.3	31.2	30.9	30.2	29.9	23.5	14.5
1	—	35.1	39.6	42.1	35.8	35.4	38.8	37.9	28.4	33.7	38.2	37.6	37.1	31.8	31.9	31.1	30.2	23.9	16.5	21.5	37.9	28.4	33.7	38.2	37.6	37.1	31.8	31.9	31.1	30.2	23.9	16.5	21.5
2	—	35.8	40.7	42.6	37.6	35.6	38.6	37.8	28.7	33.7	38.0	38.0	37.1	31.2	32.7	31.9	30.9	25.8	17.8	22.6	37.8	28.7	33.7	38.0	38.0	37.1	31.2	32.7	31.9	30.9	25.8	17.8	22.6
3	—	36.0	41.5	43.6	36.9	36.3	37.5	37.7	28.8	33.9	37.9	37.9	36.2	30.6	32.9	31.9	32.0	26.1	16.6	23.6	37.7	28.8	33.9	37.9	37.9	36.2	30.6	32.9	31.9	32.0	26.1	16.6	23.6
4	—	35.6	41.6	—	35.9	36.1	37.1	36.9	28.4	34.1	37.1	37.4	35.3	29.0	32.7	31.4	32.1	25.7	16.9	23.9	36.9	28.4	34.1	37.1	37.4	35.3	29.0	32.7	31.4	32.1	25.7	16.9	23.9
5	—	34.7	41.7	—	32.6	36.6	35.3	—	28.6	34.6	37.0	36.5	34.3	28.1	32.7	31.5	32.2	25.7	15.9	23.3	—	28.6	34.6	37.0	36.5	34.3	28.1	32.7	31.5	32.2	25.7	15.9	23.3
6	—	34.6	42.1	—	32.1	35.1	31.7	—	28.8	34.9	37.2	36.5	33.4	27.6	32.8	31.6	31.8	25.4	15.4	22.6	—	28.8	34.9	37.2	36.5	33.4	27.6	32.8	31.6	31.8	25.4	15.4	22.6
7	—	33.8	40.7	—	31.6	34.3	32.4	—	28.9	33.8	35.7	35.2	32.4	27.0	31.9	30.3	30.0	24.0	14.6	22.3	—	28.9	33.8	35.7	35.2	32.4	27.0	31.9	30.3	30.0	24.0	14.6	22.3
8	—	33.5	38.9	—	30.6	33.0	31.7	—	28.2	32.2	34.0	34.0	31.4	26.6	29.5	28.3	28.2	21.5	14.1	21.3	—	28.2	32.2	34.0	34.0	31.4	26.6	29.5	28.3	28.2	21.5	14.1	21.3
9	—	33.3	37.3	—	29.9	32.3	30.7	—	26.8	31.6	33.3	33.3	30.5	26.4	28.0	27.0	27.1	19.8	13.3	20.1	—	26.8	31.6	33.3	33.3	30.5	26.4	28.0	27.0	27.1	19.8	13.3	20.1
10	—	32.6	36.0	—	30.3	31.6	31.1	—	26.4	31.4	33.0	32.4	29.5	26.4	26.6	26.9	26.3	18.0	12.8	19.3	—	26.4	31.4	33.0	32.4	29.5	26.4	26.6	26.9	26.3	18.0	12.8	19.3
11	—	32.2	34.8	—	30.1	31.2	29.7	—	26.6	31.2	32.9	32.0	28.6	25.8	25.6	26.4	25.3	16.5	12.3	18.8	—	26.6	31.2	32.9	32.0	28.6	25.8	25.6	26.4	25.3	16.5	12.3	18.8
12	—	31.6	33.8	—	29.6	31.1	30.2	—	26.2	30.9	32.1	31.4	27.6	25.1	25.3	26.0	24.0	15.1	11.9	17.6	—	26.2	30.9	32.1	31.4	27.6	25.1	25.3	26.0	24.0	15.1	11.9	17.6
13	25.6	31.1	33.3	—	28.7	30.1	30.5	—	25.4	30.4	31.6	30.9	26.6	25.1	24.6	25.3	23.5	14.0	11.6	17.0	25.6	31.1	33.3	30.9	30.9	26.6	25.1	24.6	25.3	23.5	14.0	11.6	17.0
14	25.6	30.6	32.5	33.3	27.6	29.3	29.7	—	24.3	29.6	30.8	29.8	26.0	24.7	24.5	25.5	22.8	13.4	11.2	15.8	25.6	30.6	32.5	29.7	29.8	26.0	24.7	24.5	25.5	22.8	13.4	11.2	15.8
15	25.7	29.9	32.0	33.2	27.3	27.9	29.0	—	24.1	29.0	29.8	28.8	25.6	24.0	24.2	25.5	22.3	13.0	11.1	15.5	25.7	29.9	32.0	29.0	28.8	25.6	24.0	24.2	25.5	22.3	13.0	11.1	15.5
16	25.6	29.6	32.0	33.6	27.1	27.6	28.8	—	24.8	29.1	29.2	28.2	24.8	24.0	24.8	25.7	22.1	12.6	11.2	15.7	25.6	29.6	32.0	28.8	28.2	24.8	24.0	24.8	25.7	22.1	12.6	11.2	15.7
17	25.5	30.6	33.3	34.7	27.1	28.8	30.4	—	25.5	30.5	29.7	28.3	24.3	24.3	24.9	25.7	22.0	12.5	11.7	17.4	25.5	30.6	33.3	28.3	28.3	24.3	24.3	24.9	25.7	22.0	12.5	11.7	17.4
18	25.5	32.8	36.3	37.3	27.6	31.6	33.8	—	26.3	32.9	31.3	29.3	24.4	25.1	27.3	26.5	23.4	12.7	12.6	20.4	25.5	32.8	36.3	29.3	29.3	24.4	25.1	27.3	26.5	23.4	12.7	12.6	20.4
19	25.9	34.4	37.5	—	29.5	33.0	35.4	—	28.1	34.0	32.8	29.8	26.0	26.3	29.0	27.9	24.7	13.3	14.2	22.2	25.9	34.4	37.5	29.8	29.8	26.0	26.3	29.0	27.9	24.7	13.3	14.2	22.2
20	27.3	35.6	38.3	—	30.7	33.9	36.4	—	30.0	35.5	34.2	31.7	26.3	28.0	29.3	28.6	26.0	14.1	15.7	23.4	27.3	35.6	38.3	31.7	31.7	26.3	28.0	29.3	28.6	26.0	14.1	15.7	23.4
21	28.4	36.6	39.2	—	32.9	34.1	36.9	—	31.9	36.6	35.2	33.6	27.6	29.0	29.7	29.4	26.9	15.1	17.6	25.8	28.4	36.6	39.2	33.6	33.6	27.6	29.0	29.7	29.4	26.9	15.1	17.6	25.8
22	28.6	37.4	39.7	—	33.9	36.0	37.3	—	33.1	37.6	35.9	35.4	28.4	29.3	29.4	29.5	27.6	16.3	17.9	27.2	28.6	37.4	39.7	35.4	35.4	28.4	29.3	29.4	29.5	27.6	16.3	17.9	27.2
23	29.9	38.0	40.3	—	34.6	37.6	37.5	—	33.4	38.3	36.5	36.0	29.6	29.6	29.8	29.7	24.3	14.5	19.3	25.9	29.9	38.0	40.3	36.0	36.0	29.6	29.6	29.8	29.7	24.3	14.5	19.3	25.9

Mittl. Greenwicher Zeit		Juli 1889																						
		9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.			
0 <sup>h</sup>	26.7	27.3	32.8	33.9	28.8	21.0	22.9	19.1	14.3	14.6	23.5	24.5	24.0	21.0	23.2	20.9	10.5	10.0	18.3	27.8				
1	27.5	27.9	33.3	33.9	28.7	21.6	23.8	18.3	16.2	15.8	23.3	24.9	23.5	20.2	23.2	19.2	10.3	11.4	20.0	28.9				
2	28.2	28.9	34.0	33.1	28.2	21.8	22.6	20.1	14.8	16.3	25.0	26.1	24.0	21.7	23.8	20.0	11.5	12.3	19.1	28.6				
3	28.7	29.9	35.0	33.0	27.2	22.0	22.1	19.0	13.2	17.3	26.5	27.5	25.2	22.3	24.0	20.5	11.9	12.7	20.2	28.0				
4	28.8	30.4	35.1	32.6	25.6	20.8	23.4	19.5	11.9	17.8	26.5	29.5	25.9	24.2	23.7	21.3	11.1	13.5	20.4	27.9				
5	29.7	30.3	34.7	31.3	25.2	20.0	22.2	19.6	10.3	17.9	26.7	28.0	26.6	24.2	22.5	21.1	11.3	14.3	20.4	27.1				
6	30.6	29.7	35.4	30.3	23.3	18.4	21.3	20.0	8.8	18.2	25.7	27.5	25.3	23.8	22.0	21.8	11.1	14.1	21.3	26.3				
7	30.1	28.8	35.0	29.5	22.0	17.7	20.4	18.5	7.4	16.9	24.3	26.7	24.9	23.4	21.2	21.1	10.9	12.7	20.3	25.4				
8	28.1	27.9	33.3	28.7	21.1	16.3	19.5	17.1	7.5	15.9	23.1	25.1	23.2	22.4	20.1	19.5	10.2	11.9	18.9	25.0				
9	26.8	26.5	32.2	28.5	21.1	16.2	18.4	15.6	7.0	14.9	22.6	24.2	21.4	21.5	19.2	18.4	9.6	11.6	18.9	24.1				
10	25.4	25.5	31.3	27.6	19.6	16.3	17.9	14.6	7.8	14.2	22.1	23.6	20.5	20.0	18.6	17.4	9.0	11.2	19.1	23.2				
11	23.6	25.0	29.6	26.8	18.7	16.3	17.7	13.5	8.1	14.0	21.2	23.2	19.2	18.8	17.9	16.3	7.6	10.7	19.2	23.1				
12	22.4	23.8	27.3	25.9	18.0	16.1	17.0	12.5	8.5	13.6	20.8	22.2	18.3	17.9	17.0	15.4	6.1	9.6	18.8	23.6				
13	21.0	22.8	26.1	24.9	17.7	16.0	16.7	12.4	8.4	13.6	20.5	21.1	17.4	17.4	15.7	14.3	5.2	8.6	18.6	23.3				
14	20.3	22.1	25.4	23.8	17.3	15.9	16.1	11.8	7.4	13.7	20.2	20.3	17.0	16.4	14.6	13.6	4.5	7.9	18.4	22.3				
15	19.0	22.4	24.5	23.0	16.5	14.7	15.3	11.1	7.9	13.7	20.0	20.2	16.9	15.5	13.7	13.0	4.2	8.0	18.2	21.6				
16	18.2	22.0	24.6	23.1	15.2	14.3	14.1	10.7	7.8	13.8	20.3	20.1	16.5	15.2	13.5	12.7	3.6	8.1	18.1	21.3				
17	18.9	23.0	24.7	23.6	15.2	14.9	13.4	10.9	8.1	14.2	20.4	20.1	16.7	16.0	14.2	12.8	3.4	9.0	18.2	21.3				
18	19.0	24.0	26.5	24.5	15.1	17.1	13.0	11.3	9.2	14.2	21.3	20.2	16.3	17.8	15.1	12.8	3.7	10.6	18.9	22.3				
19	19.4	25.6	28.9	25.8	15.1	18.8	13.1	12.9	9.8	15.7	22.9	19.6	16.9	19.5	16.4	13.0	6.2	12.7	20.5	23.8				
20	21.8	26.7	30.3	27.6	15.8	19.7	14.9	14.2	9.9	17.7	22.4	21.3	18.7	21.1	17.8	13.5	8.5	15.1	21.5	24.5				
21	24.0	29.2	32.1	29.4	17.3	20.5	16.1	16.5	11.9	19.3	24.2	22.4	20.4	22.1	19.1	12.6	9.2	16.4	23.6	25.0				
22	25.7	31.1	32.7	30.0	18.7	21.3	16.3	16.3	14.2	21.0	25.1	23.3	19.3	22.3	20.1	11.8	9.9	17.6	25.6	26.6				
23	27.0	32.3	32.9	29.1	20.4	22.1	17.3	14.9	14.3	22.9	25.8	22.9	20.2	23.1	19.6	10.9	10.0	18.6	26.8	28.2				

Mittl. Green- wicher Zeit	Juli 1889						August 1889													
	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
	29.3	31.2	33.9	30.9	31.0	37.2	42.6	34.4	38.0	33.7	42.4	42.8	35.8	34.1	34.5	45.9	42.7	40.3	42.7	42.3
28.9	31.6	33.4	31.6	33.1	37.3	43.5	35.6	37.8	35.7	42.5	43.5	40.0	33.5	36.0	46.6	43.5	40.6	44.7	44.3	44.3
30.2	32.2	33.5	32.3	35.2	36.9	44.1	37.4	38.9	35.8	42.5	43.6	40.8	35.1	36.1	46.4	44.0	40.9	45.4	45.1	45.1
29.9	31.4	33.0	32.8	36.4	36.6	44.9	37.8	39.0	37.0	42.8	43.4	40.5	35.8	35.7	45.5	43.8	40.7	45.9	45.8	45.8
29.3	30.9	32.2	32.5	36.9	36.0	44.8	37.1	39.0	37.9	42.7	42.7	40.6	35.4	34.6	44.5	43.0	40.0	45.7	45.7	45.7
28.4	29.9	31.2	31.4	37.1	35.0	43.8	36.9	38.3	38.0	41.8	41.2	40.8	34.0	33.9	43.5	39.6	38.7	44.1	44.9	44.9
27.4	28.7	32.2	31.5	36.9	24.1	43.4	36.4	38.7	37.1	42.3	39.7	41.2	33.4	33.7	42.6	39.0	38.4	44.1	43.9	43.9
26.2	27.9	30.9	30.1	36.2	33.7	40.9	35.1	37.0	36.6	40.8	38.7	39.3	32.3	33.1	40.9	38.1	36.7	42.2	42.8	42.8
25.5	27.2	28.6	29.0	35.4	33.2	39.5	34.0	35.3	36.4	39.7	38.4	38.1	31.5	33.0	40.6	37.5	35.2	40.9	41.7	41.7
25.1	26.8	27.4	28.1	34.6	32.9	38.7	33.4	33.9	35.8	38.6	37.4	37.7	30.7	32.5	39.9	37.2	34.7	40.3	41.0	41.0
24.9	26.2	26.4	27.4	34.2	32.7	37.3	32.4	33.0	35.7	37.4	36.7	37.0	29.9	32.3	39.4	37.0	33.9	39.1	40.2	40.2
24.7	25.9	25.7	27.0	33.7	32.8	36.0	31.7	32.3	34.9	36.4	36.1	35.9	29.8	32.7	39.4	37.0	33.5	37.8	40.4	40.4
24.5	25.6	25.3	26.3	33.3	32.7	34.8	30.8	31.4	34.5	35.1	35.4	35.6	28.9	33.4	39.2	36.9	33.0	37.1	40.7	40.7
23.9	25.6	24.6	25.8	33.4	32.8	33.8	30.7	30.6	34.2	34.4	34.4	34.7	27.9	33.7	39.2	36.8	32.5	36.3	40.6	40.6
23.4	25.3	25.1	25.1	33.0	33.0	33.1	29.8	29.8	34.1	33.9	33.5	33.6	26.4	33.7	38.8	36.2	32.4	36.2	40.1	40.1
22.9	24.6	24.3	24.5	32.3	33.4	32.8	29.4	29.7	33.7	33.1	32.5	32.4	25.5	33.1	38.1	35.5	32.0	35.8	40.0	40.0
22.3	24.2	23.4	23.9	31.9	33.6	33.2	29.0	29.1	33.8	32.4	32.1	31.8	24.7	32.8	37.4	34.5	32.4	35.0	40.2	40.2
22.2	24.2	23.6	23.6	31.7	33.8	32.8	29.6	29.4	34.6	32.4	31.4	31.4	25.5	33.4	37.2	33.7	32.7	34.8	40.6	40.6
23.2	25.5	25.5	23.8	32.2	34.8	33.6	30.8	30.7	36.2	33.5	31.4	31.0	26.3	34.7	38.2	33.3	33.9	34.8	41.2	41.2
25.0	26.9	26.9	24.9	32.3	35.5	34.8	32.0	32.2	38.2	35.8	31.6	30.8	27.9	36.8	38.8	34.0	35.5	35.9	42.5	42.5
26.5	28.5	28.4	24.2	34.4	36.4	34.8	33.2	33.7	38.7	38.1	33.8	31.9	29.7	38.7	39.6	35.3	37.6	36.8	44.4	44.4
27.2	30.0	29.5	24.0	35.9	38.6	35.3	34.7	34.4	40.5	39.9	34.8	33.2	31.6	40.5	41.1	37.5	39.5	38.5	45.6	45.6
28.9	31.3	30.0	26.3	36.4	40.0	35.0	36.2	34.6	41.4	40.9	35.7	33.5	33.5	42.6	41.8	39.0	40.6	40.0	46.4	46.4
30.2	32.8	30.4	29.1	36.9	41.2	34.3	37.6	34.7	42.0	42.1	38.2	33.2	33.6	44.6	42.0	39.8	41.8	40.8	47.5	47.5



Mittl. Green- wicher Zeit	August 1889												September 1889							
	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	0 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	48.6	45.6	30.9	29.8	17.7	28.8	26.4	23.7	24.5	32.9	35.2	42.0	43.1	44.0	42.5	39.8	38.7	40.1	40.6
1	49.3	45.2	31.5	30.4	16.7	29.5	25.6	24.5	25.8	33.5	36.5	43.4	44.3	44.7	42.9	40.4	39.6	41.0	41.4	41.3
2	50.1	44.7	30.0	30.0	18.2	29.5	23.8	24.4	25.8	33.0	36.0	44.4	45.0	45.2	43.0	41.0	41.2	41.5	41.9	41.8
3	51.0	44.9	28.8	29.5	19.6	28.3	23.5	23.8	26.4	33.6	35.6	44.6	44.8	45.0	43.2	41.1	41.0	41.8	42.3	41.7
4	50.5	43.7	28.5	28.2	20.0	28.2	23.4	23.5	25.7	33.2	34.8	43.9	44.1	44.0	42.4	40.3	40.7	42.2	42.0	41.4
5	49.8	42.6	27.4	26.8	20.0	26.8	22.7	23.6	25.1	32.3	34.0	43.0	43.1	43.1	41.0	39.5	40.0	41.8	41.7	41.1
6	49.2	41.2	27.2	25.2	20.3	26.3	21.5	22.7	26.1	31.6	33.7	42.6	42.3	42.4	40.0	38.8	38.9	40.9	41.1	40.5
7	47.8	38.7	26.8	23.7	20.4	25.6	20.9	22.1	25.2	30.9	33.4	41.7	41.5	41.6	39.4	37.9	38.1	40.4	40.9	40.3
8	46.4	36.7	26.0	22.0	20.0	24.9	20.7	21.2	25.0	31.0	33.2	40.8	40.7	41.1	39.0	37.5	37.2	39.8	40.3	40.0
9	45.3	35.8	24.9	20.4	19.8	24.2	20.4	20.3	24.7	30.7	33.0	40.0	40.2	40.6	38.7	37.1	36.8	38.9	39.3	39.7
10	44.1	36.3	23.9	18.6	19.4	23.7	19.7	19.9	24.8	30.3	33.5	39.3	40.0	40.2	38.4	36.6	36.1	38.2	38.6	39.4
11	42.8	35.6	23.0	17.2	19.1	22.9	19.4	19.6	24.4	30.5	33.9	38.9	39.6	39.8	38.0	35.8	35.4	36.7	37.8	39.1
12	41.8	33.8	22.9	16.4	19.0	21.8	18.5	19.0	23.7	30.7	34.1	38.2	39.1	39.4	37.7	35.1	34.8	36.5	37.0	38.3
13	41.2	32.2	23.0	15.4	19.0	20.9	17.6	18.4	23.7	30.7	34.3	37.7	38.8	39.3	36.8	34.5	34.0	35.9	36.5	37.7
14	41.0	30.8	23.7	14.0	19.0	20.5	17.3	17.6	23.4	30.2	34.4	37.0	38.4	39.1	36.7	33.9	33.9	35.3	36.2	37.1
15	40.7	29.7	23.8	13.7	18.9	20.4	16.9	17.2	23.1	29.3	33.8	36.1	37.8	38.9	36.4	33.6	33.7	34.7	35.7	36.5
16	40.0	28.2	23.5	13.3	18.8	19.9	16.7	16.8	22.9	29.1	32.9	35.3	37.1	38.7	35.6	33.1	33.8	34.4	35.5	36.4
17	39.6	27.9	24.0	13.7	18.7	19.2	16.6	17.1	23.2	29.5	32.3	34.9	36.5	38.5	35.0	32.6	34.1	34.6	35.6	36.4
18	40.6	28.0	24.7	14.5	20.2	19.8	17.0	17.3	23.9	30.0	32.8	35.7	36.9	38.7	35.2	33.3	34.5	35.6	36.5	37.1
19	41.5	28.0	25.6	15.3	22.7	20.7	17.7	18.4	25.8	31.2	34.7	37.3	38.8	39.7	36.7	34.2	35.3	37.0	38.0	38.2
20	42.9	27.9	26.7	16.3	25.0	22.2	19.2	20.0	28.1	31.9	36.5	38.6	40.7	40.7	38.1	35.2	36.0	38.2	39.7	39.6
21	43.4	28.0	28.5	17.4	26.5	24.3	20.4	22.1	30.2	33.0	37.8	39.6	41.7	41.2	38.7	36.4	37.7	38.6	40.6	40.5
22	43.7	29.2	28.4	15.9	27.4	25.8	21.3	23.9	31.6	33.9	39.0	40.7	42.6	41.8	38.8	37.3	39.1	39.1	40.7	41.2
23	45.3	30.6	29.2	17.4	28.2	26.8	22.1	25.9	32.0	35.1	40.6	42.0	43.3	42.0	39.5	38.0	39.7	40.0	41.1	41.7

Mittl. Green- wicher Zeit		September 1889																						
		7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.				
0 <sup>h</sup>	42.1	42.9	43.7	47.3	47.9	49.2	41.9	41.4	38.7	38.8	36.1	37.3	32.7	16.0	19.2	19.2	19.2	26.2	26.7	9.6				
1	41.7	42.2	43.9	48.6	48.4	49.6	41.9	42.4	39.4	39.7	36.9	39.2	32.5	16.9	19.8	19.8	19.5	25.9	26.4	9.4				
2	42.7	41.9	43.6	48.9	48.7	49.7	41.7	42.1	39.8	39.7	37.5	40.4	32.1	16.3	19.5	20.4	20.4	26.9	25.6	9.4				
3	41.7	41.9	43.7	48.7	48.4	49.4	41.4	40.7	39.7	39.8	37.2	40.4	31.7	16.6	18.3	19.5	19.5	26.3	24.1	9.5				
4	41.1	41.3	43.6	48.0	48.4	49.0	39.8	39.9	38.6	39.6	36.7	40.0	30.7	15.5	17.6	19.0	19.0	25.6	22.9	10.3				
5	40.8	40.4	43.4	47.3	48.3	46.5	38.8	38.7	37.5	37.8	35.7	39.4	29.4	15.3	17.2	18.7	18.7	24.6	21.8	10.4				
6	40.1	40.4	42.9	46.4	47.0	45.4	38.1	37.0	36.0	36.8	34.9	38.6	28.2	15.3	16.8	18.3	18.3	23.6	20.5	10.9				
7	40.2	39.9	42.6	45.6	46.1	43.8	37.9	37.0	35.7	36.0	34.6	38.0	27.5	15.7	16.7	18.4	18.4	23.3	16.7	12.1				
8	40.0	39.8	42.0	44.8	45.9	43.4	37.1	35.7	35.7	35.0	34.4	36.2	26.2	16.0	16.6	18.7	18.7	23.4	15.0	13.1				
9	40.1	40.1	41.9	44.4	45.0	42.7	36.6	35.6	35.4	34.3	34.6	35.0	24.0	16.0	15.8	18.4	18.4	23.0	13.9	14.6				
10	40.0	40.4	41.8	44.0	44.5	42.4	35.7	35.2	34.4	33.7	33.8	34.0	22.4	15.4	15.7	18.2	18.2	22.8	12.7	15.3				
11	39.9	40.2	42.2	43.8	43.9	41.8	36.0	34.6	35.3	33.5	32.6	32.9	20.0	15.1	14.3	17.9	17.9	22.1	11.3	16.5				
12	39.4	39.7	41.8	43.4	44.2	41.4	36.0	34.4	35.2	33.6	32.1	32.3	18.4	15.0	13.6	17.6	17.6	21.6	10.4	17.2				
13	38.7	38.4	40.8	43.1	43.7	41.2	35.9	34.3	34.9	32.8	32.3	31.6	18.8	15.1	12.6	17.0	17.0	20.9	9.9	17.2				
14	38.2	37.6	39.8	43.0	43.2	41.4	35.7	34.1	34.8	33.2	32.1	30.9	16.6	14.8	11.6	16.9	16.9	21.0	9.5	17.0				
15	37.7	37.0	39.0	42.6	42.7	40.4	35.4	33.9	34.4	32.5	31.8	30.4	15.7	14.5	11.1	16.7	16.7	20.8	8.9	17.0				
16	37.4	36.8	38.7	42.1	42.1	39.3	34.7	34.6	33.8	32.3	31.7	29.5	14.5	14.1	10.7	16.8	16.8	20.7	8.7	17.0				
17	37.0	36.2	38.4	41.9	42.5	38.7	33.0	34.3	32.7	31.8	32.0	28.1	14.6	14.2	10.7	16.9	16.9	20.5	8.4	17.1				
18	37.2	36.7	39.1	42.1	42.6	38.9	33.2	34.4	32.0	31.6	32.7	28.4	13.8	14.9	10.8	17.4	17.4	21.0	8.1	17.3				
19	37.7	38.3	39.9	42.8	42.7	39.8	34.8	35.4	33.0	33.0	33.7	28.6	14.4	15.4	12.5	18.8	18.8	21.7	8.2	18.7				
20	39.0	39.8	41.4	43.9	42.8	41.0	36.2	36.3	34.4	33.9	35.1	29.7	15.7	16.7	14.2	20.7	20.7	23.4	8.6	20.7				
21	40.0	41.2	42.9	45.4	44.9	42.4	37.1	36.9	36.9	34.7	35.9	30.3	15.1	18.8	15.8	22.0	22.0	24.1	9.1	22.4				
22	41.1	42.4	44.6	46.9	45.8	42.8	38.7	37.4	37.9	35.0	36.1	30.9	15.1	18.4	16.4	22.9	22.9	24.8	9.2	24.5				
23	42.3	43.4	46.0	47.5	47.6	42.1	40.3	37.8	38.5	35.7	36.7	31.7	14.9	18.5	18.3	24.6	24.6	26.0	10.2	26.3				

## 2. Beobachtungen in Potsdam.

Das astrophysikalische Observatorium in Potsdam besitzt bekanntlich eine Brunnenanlage, welche auch für wissenschaftliche Beobachtungen verwertet werden kann, da in einer Tiefe von etwa 25 m seitlich vom Brunnen-schacht eine ziemlich geräumige Kammer vorhanden ist. Dieser Raum, welcher sich durch eine nahezu vollkommene Constanz der Temperatur<sup>1)</sup> auszeichnet, war, als ich die Vorbereitungen zu den Beobachtungen traf, zwar nicht im Gebrauch, die Feuchtigkeit in demselben ist aber so gross, dass ich Bedenken trug, denselben zu benutzen. Dazu kommt, dass die Beobachtungsmethode die Unterhaltung einer beständig brennenden Lampe nothwendig macht, wodurch in dem schlecht ventilirten Raume der Vortheil der sehr constanten Temperatur beziehungsweise der Gleichmässigkeit der inneren Temperatur des Raumes und derjenigen des umgebenden Erdreichs aufgehoben worden wäre. Ungeachtet dieser Uebelstände würde ich es nicht unterlassen haben, wenigstens eine kurze Reihe von Beobachtungen in diesem Raume auszuführen, wenn nicht Umstände anderer Art hinderlich gewesen wären.

Aus diesen Gründen wurde der ebenfalls unbenutzte und in jeder Hinsicht geeignete Keller unter der Ostkuppel des Instituts, welcher besonders für Beobachtungen, die eine constante Temperatur erheischen, eingerichtet worden ist, vorgezogen. Derselbe erleichtert zugleich durch seine Lage und bequeme Verbindung mit den bewohnten Souterrainräumen die Bedienung und Controle des Apparates.

Die Fig. 3 und 4 stellen einen Grundriss und einen Durchschnitt dieses Raumes dar. Das innere Gewölbe *A* von 5 m Durchmesser und 2.5 m Maximalhöhe dient zur Aufstellung des Horizontalpendels, während Registrirwerk und Lampe, beziehungsweise Fernrohr und Scala, in dem Durchgange nach dem anstossenden Keller *B* ihren Platz finden. Die Räume *B* und *A* sind durch eine Thür getrennt, die thürartige Oeffnung des inneren Raumes lässt sich ferner durch eine starke mit Weissblech beschlagene Holzwand versetzen,

---

<sup>1)</sup> Vergl. Nr. 64.

welche nur zwei kleine Oeffnungen für den Hin- und Hergang der Lichtstrahlen besitzt. Auf diese Weise ist ein nahezu geschlossener Raum für den Pendelapparat hergestellt.

Im Innern desselben, nahe der Mitte, befindet sich der Pfeiler *a* (Fig. 5) von 0.80 m Höhe und 0.60 m Seitenlänge. Derselbe ist 0.90 m tief fundirt, und die Erde ist ringsherum bis zu einem Abstände von etwa 0.40 m ausgehoben. Ein auf dem gemauerten Fussboden aufliegender Holzkasten bedeckt diese Grube vollständig und umschliesst den Pfeiler mit 1 cm Abstand, ohne ihn irgendwo zu berühren. Der obere Theil des Kastens erhebt sich ungefähr 0.40 m über die Pfeilerfläche und lässt sich von dem unteren Theile abheben. Er enthält nur ein kleines durch ein Planglas verschlossenes Fenster und ist ebenfalls ganz mit Weissblech benagelt. Dies geschah, um nach den von Professor Vogel gemachten Erfahrungen (Astr. Nachr. 2815) den Apparat vor Wärmestrahlung zu schützen. Der ganze Pfeiler nebst dem Apparat befindet sich daher in einem abgeschlossenen Raume. Da ausserdem der durch ein starkes doppeltes Gewölbe umgebene Keller auf der Ost-, Süd- und Westseite bis ungefähr zur Höhe der Decke mit Erde beschüttet ist, so ist der unter dem Kasten befindliche Pendelapparat gegen Wärmestrahlung und den Effect der äusseren Temperaturschwankungen nach Möglichkeit gesichert. Nach oben communicirt der Keller *A* mit der darüber liegenden Bibliothek durch eine Oeffnung der Decke, die indessen während der Dauer der Beobachtungen durch doppelte starke Holzplatten verschlossen wurde.

Die Pfeiler *b* und *c* dienen zur Aufstellung der Lampe und der Registrirwalze, sie sind von *a* etwa 4.7 m entfernt. *a* ist in Backsteinen und Cement aufgeführt und hat bis zum Beginn der Beobachtungen ungefähr 5 Monate Zeit zum Austrocknen gehabt.

Die Aufstellung geschah in folgender Weise. Nachdem das Stativ auf dem Hauptpfeiler nach der Meridianrichtung orientirt war, wurden die Unterlageplatten der Füsse festgegypt und darauf das Pendel eingehängt und durch die Glasglocke abgeschlossen. Da die Entfernung der Lichtquelle von der Linse ungefähr gleich der Brennweite derselben ist, so entsteht das Spaltbild nahe in derselben Entfernung. Eine genauere Bestimmung des Brennpunktes der chemischen Strahlen durch Versuch ergab einen Unterschied desselben

gegen den optischen von 16 cm. Hierauf wurde die gewünschte Schwingungsdauer hergestellt und durch Aenderung der Höhe des Spalts (d. h. der Lampe) das bewegliche Bild im verticalen Sinne mitten auf die Walze gebracht. Mittelst der Correctionsvorrichtungen wurde dann das vom festen Spiegel herführende Bild auf die gleiche Höhe, und nachdem es als Nullpunkt für die Bestimmung der Schwingungsdauer gedient hatte, durch horizontale Bewegung über den Rand des kleinen Lichtschirmes gestellt. Schliesslich wurde die Cylinderlinse berichtigt, und damit war der Apparat justirt. Lampe und Walze wurden der Sicherheit halber ebenfalls festgegypt. Bei späteren Bestimmungen der Schwingungsdauer konnte das Pendel dadurch in Bewegung gesetzt werden, dass man seitlich neben den Pfeiler trat. Der dadurch ausgeübte Druck lenkte sofort das Pendel ab. Von der Benutzung eines Luftstromes zu diesem Zwecke sah ich ab und liess, um jede Störung zu vermeiden, die Oeffnung am Stativ verschliessen.

Wenn es sich während der Beobachtungen bei zu starker Bewegung des beweglichen Punktes als nothwendig erwies, seine Lage mittelst der seitlichen Fusschrauben zu corrigiren, so konnte man zu diesen, ohne den Kasten abzuheben, durch das kleine Fenster gelangen. Temperaturablesungen wurden im Vorraume bei jedem Bogenwechsel, im Gewölbe aber nur dann gemacht, wenn dasselbe betreten werden musste. Solche Störungen wurden aber möglichst zu vermeiden gesucht. Der Lampenwechsel geschah in der Regel gegen 6<sup>h</sup> Morgens und Abends, durch denselben wurde das Pendel nicht beeinflusst, und die Momente des Wechselns sind auf den Curven meist gar nicht zu erkennen.

Bei den ersten Registrarbeobachtungen im Februar 1889 war das Pendel äusserst unruhig und hörte fast nie zu schwingen auf, so dass statt der Curve ein oft breites schattirtes Band entstand, welches zwar eine gute Vorstellung von dem jedesmaligen Zustande der Unruhe gab, aber für die später vorzunehmenden Ableesungen Nachtheile bot. Damals wurde diese Erscheinung auf den directen Einfluss des Windes zurückgeführt, welchem der sich über dem Keller erhebende Thurm besonders im Winter ausgesetzt ist, und es wurde angenommen, dass durch den seitlichen Druck des Windes auch geringe Schwankungen der Fundamente verursacht würden. Spätere Wahrnehmungen haben ergeben, dass diese Erklärung nur insoweit richtig ist, als es sich in der That um einen Einfluss des Windes handelt, welcher durch die Reibung

an der Erdoberfläche zu Zeiten lange anhaltende, über weite Gebiete sich erstreckende Vibrationen erzeugt.

Um nun diese störende Erscheinung zu beseitigen, wurde versucht, eine Dämpfung der Schwingungen einzuführen. Nahe dem freien Ende des Pendels wurde eine fein zugespitzte Messinglamelle angelöthet, welche nach unten in ein kleines flaches Gefäss mit Glycerin tauchte. Schon ein Eintauchen der Spitze um 1 mm genügte, um eine vollständige Dämpfung der Schwingungen herbeizuführen. Nach Ablauf einiger Zeit wurde aber festgestellt, dass der Widerstand, vermuthlich in Folge Anziehens von Wasser durch das Glycerin, zunahm und dass eine störende Beeinflussung der Gleichgewichtslage des Pendels eintrat, welche den Beobachtungen jeden Werth nahm. Wie aus den Photogrammen von März 20. bis 24. zu erkennen ist, fand nach der Einstellung des beweglichen Punktes auf eine bestimmte Stelle der Walze eine langsame Nachwirkung statt, durch welche das Pendel ganz allmählich in eine neue Gleichgewichtslage übergeführt wurde. Diese Bewegung, welche vollkommen stetig vor sich ging und in einem Falle (März 23.) mehr als  $12^h$  andauerte, glaubte ich nur einem Einflusse der Gefässwände auf das überaus leicht bewegliche Pendel zuschreiben zu können, und es blieb daher nichts Anderes übrig, als die Dämpfung zu beseitigen und das Pendel frei schwingen zu lassen. Ich gestehe aber, dass obige Muthmaassung wenig befriedigt, da das Pendel so eingestellt war, dass die in das Glycerin eintauchende Spitze sich fast genau in der Mitte des Gefässes in einem Abstände von mindestens 50 mm von den Wänden desselben befand. Eine nähere Untersuchung über diese eigenthümliche Beeinflussung des Pendels dürfte nicht ohne Interesse sein. Da später eine geringere Empfindlichkeit angewandt wurde und so grosse Störungen, wie im Februar, nur selten eintraten, so sind die Curven im Allgemeinen ausreichend scharf ausgefallen, um eine genaue Messung der Ordinaten zu gestatten.

Unter den mit Dämpfung erhaltenen Beobachtungen möchte ich noch folgenden merkwürdigen Fall hervorheben. Am 11. Februar  $7^h$  Abends wurde das Pendel justirt, die Schwingungsdauer betrug  $15^s$ , so dass eine Aenderung der Ordinate von 1 mm einer Neigungsänderung der Achse von 0.01677 entsprach. Wie nun aus dem Photogramm dieses Tages zu ersehen ist, fand in Folge der eben erwähnten Nachwirkung eine grosse Veränderung der Lage

des Lichtpunktes statt, durch welche er binnen einigen Stunden über den Rand der Walze hinaus gebracht wurde. Ausserdem aber zeigt die Curve ein System von Wellen, welche, obwohl offenbar schon früher existirend, besonders in der Zeit zwischen 8<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> und 10<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> besonders deutlich sichtbar sind. Diese Wellen sind von auffallender Regelmässigkeit, haben bei einer durchschnittlichen Dauer von 9<sup>m</sup> eine Amplitude von 0.1 und verschwinden um 10<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> plötzlich. Eine Störung des Apparates von irgend welcher Art war ausgeschlossen. Da ferner, obwohl die Beobachtungen mit Glycerindämpfung noch längere Zeit hindurch fortgesetzt wurden, kein weiterer Fall dieser Art zu verzeichnen ist, so kann man auch die Dämpfung schwerlich als die Ursache ansehen, um so mehr, als es sich hier um einen periodisch veränderlichen Einfluss handelt. Es scheint daher zur Erklärung nur die Annahme übrig zu bleiben, dass an jenem Abend ein System von Wellen in der Erdoberfläche über das Potsdamer Observatorium hingezogen ist, welches wahrscheinlich mit einem entfernten Erdbeben in Zusammenhang stand und in Folge der angewandten Dämpfung in der Curve zu einer so schönen Darstellung gelangte. Wie die weiteren Beobachtungen ergeben haben, sind derartige Erschütterungswellen nichts seltenes, die Wilhelmshavener Beobachtungen zeigen vereinzelte Wellen fast an jedem Tage; obiges aber ist der einzige Fall, in welchem dieselben in so grosser Zahl und Regelmässigkeit wahrgenommen wurden und wir dürfen hieraus den Schluss ziehen, dass sich zu ihrem Studium die Anwendung von Dämpfung beim Pendel besonders empfehlen würde.

Wie schon erwähnt wurde, haben die unter diesen Bedingungen erhaltenen Beobachtungen leider nicht benutzt werden können; nach Beseitigung der Dämpfung wurde bis zum 7. Juni weiter registriert, und die Beobachtungen wurden dann abgebrochen, da die Fortsetzung derselben in Wilhelmshaven durch die Feuchtigkeit des Kellers vereitelt wurde. Am 18. Juni wurde von Neuem zu registriren begonnen und bis gegen Ende September fortgeführt.

Um nun die erhaltenen Photogramme weiter zu verwerthen, wurden die Ordinaten der Curve zu Anfang jeder Stunde — die Uhr war nach mittlerer Greenwicher Zeit regulirt — durch Auflegen einer mit einem Netz versehenen Glasplatte abgelesen. Der Abstand je zweier Striche betrug 5 mm und die Ablesungen sind in Zehnteln dieser Einheit gegeben, so dass die Ordinaten

auf halbe Millimeter genau bekannt sind. Durch zahlreiche Messungen längerer Strecken der Stundenlinie wurde die Länge einer Stunde für den Potsdamer Apparat = 11.02 mm, für den Wilhelmshavener = 11.06 mm gefunden. Eine am unteren Rande der Glasplatte gezogene Horizontallinie ist demgemäss mit einer Theilung versehen, so dass bei der Bestimmung der Zeitmomente für hervorragende Stellen der Curve die Ablesungen auf 0.1 mm = 0.6<sup>m</sup> genau erhalten wurden. Die thatsächliche Unsicherheit dieser Zeitbestimmungen ist aber eine viel grössere, so dass auch bei Anwendung grösster Sorgfalt dieselben um 2—3 Minuten fehlerhaft sein können. Die Bedeutung dieser Zeitangaben, deren Sicherheit bei der hier angewandten Beobachtungsmethode nur durch erhebliche Vergrösserung der Walzen bzw. der Rotationsgeschwindigkeit erhöht werden könnte, ist daher eine untergeordnete. Beim Auflegen der Bogen wurde in Potsdam jedesmal eine Uhrvergleichung vorgenommen. Vom 24. April an wurde die Uhr in genauer Uebereinstimmung mit Greenwicher Zeit erhalten. Für die stündlichen Ablesungen sind diese Correctionen von keiner Bedeutung, bei der Ermittlung der Zeitmomente von Störungen wurden sie dagegen berücksichtigt. Die beobachteten Temperaturen sind wie früher in einer Tabelle zusammengestellt. Bemerkenswerth ist, dass in der Zeit vom 18. Juni bis 24. September die Temperatur des inneren Raumes sich innerhalb 0.5° C. constant gezeigt hat.

Die Ermittlung der Reductionsconstanten für Potsdam leidet gleichfalls an einer gewissen Unsicherheit.  $T_0$  wurde zu 0.4067 bestimmt und der Abstand der Walze vom Spiegel war 4520 mm. Die Grösse  $T$  wurde zwar wiederholt, jedoch zu Anfang nicht häufig genug beobachtet, weil zunächst eine grössere Constanz dieses Elementes vorausgesetzt wurde. Die in den folgenden Zahlen ausgesprochene starke Veränderung von  $T$  zum Beginn der Beobachtungen dürfte darauf zurückzuführen sein, dass April 15 eine Unterbrechung derselben nothwendig wurde, bei welcher auch das Pendel herausgenommen, die Bestimmung der Schwingungsdauer aber vergessen wurde. Wenige Stunden später begannen die Registrirungen von Neuem, um die Continuität der Reihe durch Interpolation zu sichern. Später habe ich stets die Praxis verfolgt, die Schwingungsdauer erst einige Zeit nach dem Einhängen des Pendels zu bestimmen und dasselbe vorher wiederholt in stärkere Schwingungen zu versetzen, da hierbei vielleicht doch noch eine geringe Ver-



## Temperaturen im Pendelraum (Potsdam).

Die Notirung der Temperaturen geschah beim Bogenwechsel.

 $t_1$  Thermometer im Vorraum.  $t_2$  Thermometer am Pendel (nur beim Betreten des Pendelraumes abzulesen).

Datum	$t_1$	$t_2$	Datum	$t_1$	$t_2$	Datum	$t_1$	$t_2$
1889 April 1.	+ 5.7		1889 Mai 26.	+ 14.5	+ 13.2	1889 Aug. 1.	+ 17.6	
3.	+ 6.1	+ 5.4	28.	+ 14.7		3.	+ 17.8	
4.	+ 6.3		30.	+ 15.0		5.	+ 17.9	+ 16.7
6.	+ 6.4		Juni 1.	—		7.	+ 18.0	
8.	+ 6.5		3.	+ 15.6		9.	+ 18.2	
10.	+ 6.5		5.	+ 16.2		11.	+ 18.1	
12.	+ 6.7	+ 5.8	18.	+ 17.0	+ 16.2	13.	+ 18.0	
14.	+ 6.8	+ 6.1	20.	+ 17.1		15.	+ 18.0	
16.	+ 7.2		22.	+ 17.4		17.	+ 17.9	
18.	+ 7.3		24.	+ 17.4		19.	+ 17.9	
20.	+ 7.8		26.	+ 17.6		21.	+ 17.7	
22.	+ 7.6		28.	+ 17.8		23.	+ 17.9	
24.	+ 7.8		30.	+ 17.8		25.	+ 18.0	
26.	+ 8.3		Juli 2.	+ 17.8		27.	+ 17.9	
28.	+ 8.6		4.	+ 17.9		29.	+ 17.7	
30.	+ 9.2		6.	+ 18.0		31.	+ 17.6	
Mai 1.	+ 9.4		8.	+ 18.0		Sept. 2.	+ 17.8	
2.	+ 9.7		10.	+ 18.0		4.	+ 17.5	+ 16.7
4.	+ 10.6	+ 8.8	12.	+ 18.2		6.	+ 17.8	
6.	+ 10.6		14.	+ 18.2		8.	+ 17.6	
8.	+ 11.1		16.	+ 18.4		10.	+ 17.7	
10.	+ 11.6		18.	+ 18.7		12.	+ 17.8	
12.	+ 12.1		20.	+ 18.4		14.	+ 17.6	
14.	+ 13.0	+ 11.2	22.	+ 18.3		16.	+ 17.4	
16.	+ 13.1	+ 11.6	24.	—		18.	+ 17.4	+ 16.4
18.	+ 13.3		26.	+ 17.4	+ 16.6	20.	+ 17.1	
20.	+ 13.6		28.	+ 17.8		22.	+ 17.0	
22.	+ 14.0		30.	+ 17.6		24.	+ 16.7	
24.	+ 14.4							

setzung in den Lagern eintritt, bevor eine vollkommene Stabilität in dieser Hinsicht erreicht ist. Die Beobachtungen von  $T$  sind folgende:

April	1.	$T = 11.80$
Mai	14.	$T = 10.20$
Juni	18.	$T = 9.53$
August	5.	$T = 9.60$
September	4.	$T = 9.50$
„	18.	$T = 9.35$ .

Von diesen habe ich selbst nur die dritte <sup>1)</sup> gemacht, die drei letzten verdanke ich Herrn Dr. Wilsing. Die Reductionsconstante wird hiernach für die erste Epoche sehr unsicher, ich habe dieselbe für die Beobachtungen von April 1. bis Juni 6. gleich

0.192,

für die spätere Periode gleich

0.209

angenommen. Die Unsicherheit des ersten Werthes kommt weniger in Betracht, da bei diesen Untersuchungen die genaue Uebertragung in Winkelwerth vorläufig von keiner so grossen Bedeutung war. Für die mittleren Ergebnisse dürfte das Mittel obiger Werthe

0.200,

eine ausreichende Annäherung an den wahren Werth darstellen. Für diesen Werth der Constante sind die linearen Verschiebungen des Lichtpunktes die 5156 malige Vergrösserung der correspondirenden linearen Bewegungen, welche die Spitze eines 1 m langen Bleilithes ausführt.

Mit Rücksicht auf die veränderte Stellung des Registrirapparates zum Pendel entspricht dem Wachsen der Ordinaten eine westlich gerichtete Bewegung des Pendels. Deshalb sind wegen der früheren Festsetzung alle Ablesungen als negativ anzusehen. Der Einfachheit wegen ist dies erst in den Endresultaten berücksichtigt.

Die ganze Beobachtungsreihe ist durch zwei Lücken im Juni und Juli unterbrochen. Erstere wurde bereits früher begründet, letztere entstand dadurch, dass wegen wiederholten Versagens der Uhr eine Unterbrechung behufs Revision derselben eintreten musste. Hiervon abgesehen sind die Beobachtungen innerhalb der drei Gruppen auf denselben Nullpunkt reducirt.

---

<sup>1)</sup> Ich konnte mich nur im Juni in Potsdam aufhalten.

## Curven-Ablesungen, auf gemeinsamen Nullpunkt reducirt.

Bemerkung: Die Ablesungen wachsen, wenn das Pendel sich von Ost nach West bewegt.

## Potsdam.

Mittl. Green- wicher Zeit	April 1889																			
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
0 <sup>h</sup>	16.4	22.7	27.2	30.6	34.0	36.4	39.5	42.5	45.4	49.8	50.4	53.1	57.4	60.3	63.8	69.0	74.0	75.8	76.5	74.7
1	16.6	22.5	27.2	30.1	34.0	36.4	39.3	42.5	45.4	49.6	50.1	52.9	57.5	60.5	63.5	68.8	73.4	75.7	75.7	73.9
2	16.8	21.4	27.0	29.6	34.1	36.4	39.4	42.8	45.3	49.4	49.8	52.8	57.5	60.6	63.3	68.4	72.3	75.4	74.6	72.9
3	16.9	21.4	27.0	28.6	34.1	36.4	39.3	42.8	45.3	49.3	49.6	52.8	57.6	60.6	63.4	68.3	71.7	75.0	73.7	72.5
4	17.1	21.4	27.0	28.7	34.3	36.4	39.4	42.9	45.2	49.3	49.6	52.8	57.6	60.7	63.3	68.2	71.7	74.8	73.6	72.6
5	17.4	21.7	27.1	28.9	34.4	36.6	39.5	42.9	45.3	49.3	49.7	52.9	57.7	61.0	63.4	69.2	72.0	74.9	73.6	72.8
6	17.7	22.1	27.4	29.1	34.5	36.8	39.7	43.1	45.6	49.4	49.8	53.1	57.9	61.0	63.7	69.6	72.3	75.1	73.8	72.9
7	18.0	22.3	27.7	29.5	34.7	36.9	39.8	43.3	47.4	49.5	50.0	53.4	58.0	61.2	64.0	70.1	72.6	75.2	74.0	73.2
8	18.3	22.7	28.0	29.9	34.9	37.1	40.0	43.4	47.4	49.7	50.2	53.6	58.2	61.4	64.4	70.4	72.8	75.3	74.1	73.4
9	18.7	23.2	28.3	30.3	35.0	37.5	40.2	43.6	47.6	49.8	50.4	53.9	58.4	61.5	64.7	70.8	73.1	75.4	74.3	73.6
10	19.1	23.6	28.7	30.6	35.2	37.6	40.4	43.8	47.8	49.9	50.7	54.2	58.7	61.8	65.1	71.1	73.4	75.5	74.5	73.8
11	19.5	24.0	29.0	31.0	35.3	37.8	40.6	44.0	48.0	50.0	51.0	54.5	59.0	62.0	65.4	71.5	73.7	75.7	74.7	73.9
12	20.0	24.5	29.3	31.4	35.5	38.1	40.9	44.2	48.2	50.1	51.3	55.0	59.3	62.3	65.8	71.8	74.0	75.8	74.8	74.1
13	20.4	25.1	29.7	31.8	35.8	38.4	41.2	44.3	48.4	50.2	51.5	55.3	59.5	62.5	66.2	72.2	74.4	75.9	75.0	74.3
14	20.8	25.5	30.1	32.2	35.9	38.8	41.5	44.5	48.7	50.3	51.8	55.6	59.8	62.6	66.5	72.6	74.7	76.0	75.1	74.6
15	21.2	25.8	30.4	32.6	36.1	39.2	41.7	44.7	48.9	50.5	52.0	55.9	60.0	63.0	66.9	72.9	75.0	76.1	75.2	74.8
16	21.5	26.2	30.8	32.8	36.3	39.5	41.9	44.8	49.2	50.6	52.2	56.0	60.2	63.3	67.2	73.2	75.3	76.2	75.4	75.2
17	21.8	26.5	31.4	33.1	36.5	39.8	42.2	45.0	49.4	50.7	52.4	56.2	60.4	63.4	67.5	73.4	75.6	76.4	75.5	75.4
18	22.0	26.8	31.8	33.3	36.6	40.0	42.4	45.2	49.7	50.8	52.7	56.4	60.7	63.4	68.6	73.8	76.4	76.5	75.6	75.8
19	22.2	27.2	32.2	33.6	36.6	40.0	42.5	45.3	49.8	50.9	52.8	56.5	60.6	63.5	69.0	74.2	76.5	76.7	75.6	75.9
20	22.3	27.3	32.7	33.8	36.6	39.9	42.6	45.4	50.0	50.9	53.0	56.5	60.5	63.7	69.3	74.4	76.5	76.8	75.6	75.9
21	22.3	27.4	32.6	33.8	36.5	39.8	42.7	45.5	50.1	50.9	53.1	56.5	60.5	63.8	69.3	74.5	76.4	76.8	75.5	75.8
22	22.5	27.4	32.2	34.0	36.5	39.7	42.6	45.6	50.1	50.9	53.2	56.8	60.5	64.0	69.2	74.3	76.2	76.7	75.2	75.4
23	22.7	27.3	31.2	34.0	36.4	39.6	42.5	45.5	50.0	50.7	53.1	57.0	60.3	64.0	69.1	74.2	75.9	76.7	74.8	74.7

Mittl. Green- wicher Zeit	April 1889										Mai 1889									
	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
0 <sup>h</sup>	73.8	74.8	76.8	80.0	79.7	79.8	79.7	82.1	83.7	85.4	86.8	86.8	87.3	88.2	88.4	88.7	89.8	90.4	90.0	90.2
1	72.8	74.9	76.2	79.0	79.4	78.7	78.7	80.9	83.4	83.6	85.2	85.7	87.2	86.7	87.4	88.7	88.2	89.5	88.9	89.4
2	72.2	75.0	76.4	79.1	79.4	78.0	77.9	80.2	83.2	82.6	84.0	85.5	87.1	86.1	86.3	88.1	87.7	88.4	88.2	89.2
3	72.0	74.6	76.6	79.2	79.5	77.4	77.7	80.4	82.8	82.3	83.4	85.1	87.0	85.8	85.9	88.0	87.5	87.9	88.1	88.9
4	72.1	74.6	76.9	79.2	79.5	77.5	78.1	80.6	82.8	82.7	83.7	84.9	86.9	85.9	86.0	88.0	87.8	87.8	88.0	88.6
5	72.4	74.7	77.0	79.2	79.6	77.6	78.7	80.8	82.9	83.1	83.8	84.8	87.0	86.2	86.2	88.2	88.1	88.1	88.1	88.5
6	72.8	74.9	77.9	79.4	79.8	78.0	79.2	81.1	83.1	83.4	84.1	84.8	87.1	86.5	86.6	88.5	88.3	88.7	88.3	88.6
7	73.1	75.1	78.2	79.6	80.0	78.3	79.7	81.4	83.4	83.8	84.3	85.0	87.3	86.8	86.9	88.7	88.6	89.0	88.4	88.8
8	73.5	75.3	78.6	79.9	80.1	78.7	80.3	81.8	83.7	84.3	84.1	85.1	87.6	87.2	87.2	89.1	89.0	89.3	88.7	89.0
9	73.8	75.5	78.9	80.0	80.3	79.0	80.9	82.2	84.4	84.7	85.1	85.6	87.8	87.5	87.6	89.3	89.3	89.6	89.0	89.2
10	74.1	75.9	79.3	80.2	80.5	79.4	81.3	82.5	84.9	85.1	85.5	85.9	88.0	87.9	87.9	89.6	89.6	89.8	89.4	89.6
11	74.3	76.1	79.4	80.5	80.7	79.8	81.6	82.9	85.3	85.5	85.8	86.3	88.2	88.2	88.2	89.8	90.0	90.1	89.8	89.8
12	74.6	76.3	79.8	80.7	80.8	80.1	82.0	83.2	85.7	86.0	86.3	86.6	88.5	88.6	88.5	90.1	90.4	90.3	90.0	90.1
13	74.8	76.5	80.0	81.0	81.0	80.4	82.3	83.6	86.1	86.5	86.7	86.9	89.2	88.9	88.8	90.4	90.8	90.6	90.4	90.3
14	75.1	76.7	80.3	81.2	81.1	80.8	82.6	83.8	86.4	86.8	87.1	87.1	89.7	89.3	89.2	90.6	91.2	90.8	90.8	90.4
15	75.3	76.9	80.5	81.3	81.2	81.1	82.9	84.2	87.0	87.1	87.5	87.4	90.1	89.6	89.5	90.9	91.2	91.2	91.1	90.6
16	75.6	77.0	80.8	81.5	81.4	81.3	83.1	84.5	87.4	87.5	88.0	87.6	90.5	89.9	89.8	91.2	92.1	91.5	91.4	90.8
17	75.8	77.2	81.0	81.7	81.4	81.6	83.3	84.7	87.8	87.9	88.4	87.8	90.7	90.3	90.3	91.3	92.6	91.8	91.8	91.1
18	76.1	77.4	81.2	81.8	81.6	81.8	83.6	85.0	88.1	88.3	89.0	88.0	91.1	90.7	90.8	91.4	93.1	92.2	92.3	91.3
19	76.3	77.9	81.3	81.9	81.6	82.0	83.9	85.0	88.5	88.4	89.4	88.1	91.7	91.1	91.3	91.6	93.6	92.6	92.7	91.6
20	76.5	78.2	81.3	81.8	81.5	82.0	84.0	85.1	88.6	88.7	89.6	88.2	91.9	91.2	91.6	91.7	93.8	92.6	92.9	91.7
21	76.4	78.1	81.3	81.7	81.4	82.0	84.1	85.0	88.4	88.6	89.3	88.1	91.6	91.0	91.3	91.6	93.7	92.4	92.7	91.4
22	75.9	77.8	81.0	81.2	81.2	81.8	84.0	84.7	87.9	88.1	88.7	88.0	90.9	90.4	90.7	91.4	93.1	91.9	92.5	90.6
23	75.3	77.4	80.5	80.4	80.7	80.9	83.3	84.2	86.9	87.3	87.9	87.6	89.7	89.6	90.2	90.8	92.0	90.8	91.3	89.9

Mai 1889

Mittl. Green-  
wicher Zeit

	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
0 <sup>h</sup>	88.5	91.0	90.8	87.7	85.1	84.5	83.9	82.9	81.8	79.5	76.7	75.8	72.5	71.8	70.7	69.2	64.4	60.8	59.2	58.5
1	87.8	91.1	89.7	86.8	84.6	84.5	83.4	81.6	81.7	78.0	75.4	74.5	71.3	70.5	69.6	68.2	63.4	60.6	58.4	57.9
2	87.1	90.6	88.7	86.1	83.8	84.3	83.2	80.8	81.6	77.0	74.7	73.3	70.5	69.6	69.1	67.7	62.4	60.1	58.0	57.5
3	86.6	90.1	88.3	85.8	83.3	83.9	82.9	80.4	81.5	76.7	74.2	72.9	70.0	69.3	68.7	67.2	61.8	59.8	57.7	57.2
4	86.6	89.9	88.2	85.7	83.2	83.8	82.8	80.5	81.4	76.6	74.3	73.0	70.2	69.3	68.9	67.0	61.7	59.6	57.7	57.1
5	87.0	90.2	88.4	85.7	83.1	83.8	82.7	80.6	81.3	76.7	74.5	73.1	70.2	69.5	69.1	66.9	61.6	59.4	57.8	57.0
6	87.4	90.3	88.6	85.8	83.1	83.9	82.8	80.9	81.3	76.7	74.6	73.3	70.3	69.5	69.2	66.8	61.6	59.3	57.8	56.9
7	87.7	90.4	88.7	85.8	83.2	83.9	82.9	81.1	81.4	77.0	74.8	73.4	70.5	69.7	69.3	66.9	61.6	59.3	57.8	57.0
8	87.9	90.6	88.9	86.0	83.3	84.0	83.0	81.3	81.4	77.3	75.1	73.2	70.7	69.9	69.4	66.9	61.7	59.3	57.8	57.1
9	88.2	90.8	89.1	86.1	83.4	84.0	83.1	81.4	81.5	77.5	75.3	73.9	70.9	70.1	69.5	66.9	61.9	59.3	57.9	57.1
10	88.4	91.1	89.3	86.2	83.5	84.0	83.2	81.6	81.5	77.7	75.8	74.1	71.2	70.4	69.8	67.0	62.3	59.3	58.0	57.3
11	88.6	91.4	89.5	86.4	83.6	84.1	83.5	81.7	81.6	77.8	76.6	74.3	71.8	70.7	69.9	67.1	62.6	59.4	58.1	57.4
12	89.1	91.6	89.7	86.5	83.4	84.1	83.6	81.9	81.6	78.0	76.8	74.5	72.0	70.9	70.2	67.0	62.8	59.5	58.3	57.5
13	89.3	91.9	90.0	86.6	83.5	84.2	84.0	82.1	81.6	78.2	77.0	74.7	72.4	71.1	70.4	66.9	63.1	59.6	58.5	57.8
14	89.5	92.1	90.2	86.8	83.7	84.4	84.2	82.3	81.6	78.5	77.3	74.9	72.7	71.3	70.5	66.9	63.3	59.7	58.6	57.9
15	89.6	92.3	90.5	86.9	83.9	84.6	84.5	82.5	81.7	78.8	77.5	75.2	73.0	71.5	70.7	66.8	63.5	59.8	58.8	58.0
16	89.8	92.6	90.6	87.0	84.0	84.7	84.8	82.7	81.7	79.1	77.8	75.4	73.4	71.7	70.7	67.0	63.7	59.9	58.9	58.1
17	89.9	92.8	90.9	87.1	84.1	84.8	85.0	82.7	81.8	79.4	78.1	75.7	73.6	72.0	71.0	67.1	64.0	59.9	59.2	58.2
18	90.0	93.2	91.2	87.2	84.3	84.9	85.3	82.7	81.8	79.8	78.6	76.0	73.8	72.3	71.0	67.1	64.3	60.0	59.4	58.4
19	90.2	93.6	91.3	87.0	84.5	84.9	85.5	82.8	81.8	80.1	78.9	76.0	74.2	72.9	71.0	67.2	64.3	60.1	59.6	58.6
20	90.5	93.8	91.2	86.8	84.6	84.8	85.6	82.8	81.7	80.2	79.0	76.0	74.3	73.2	70.9	67.5	64.3	60.1	59.8	58.7
21	90.8	93.8	91.1	86.5	84.6	84.7	85.3	82.5	81.5	79.9	78.7	75.7	74.2	73.2	70.7	67.3	64.3	60.0	59.6	58.5
22	91.0	93.2	90.5	86.2	84.5	84.5	84.8	82.3	81.3	79.3	78.2	75.0	73.7	72.8	70.3	66.9	62.9	59.9	59.7	58.0
23	91.0	92.1	89.9	85.8	84.4	84.3	84.0	82.0	80.4	78.3	77.1	73.9	73.1	72.0	69.2	66.0	61.7	59.6	58.7	57.2

Mittl. Green- wicher Zeit	Juni 1889																				
	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	
0 <sup>h</sup>	56.3	51.6	47.5	45.5	44.3	42.8	43.3	42.4	42.5	42.8	43.5	42.3	43.0	44.8	45.1	43.0	43.0	43.1	43.1	43.1	16.9
1	55.1	50.1	46.6	44.8	43.4	41.7	42.4	42.4	41.8	42.7	43.0	41.8	42.1	44.1	44.9	42.0	42.2	42.2	42.2	42.2	16.1
2	54.0	49.3	45.7	44.7	42.5	41.2	41.7	41.9	41.6	42.4	43.3	41.9	41.8	43.5	44.1	41.3	42.0	41.5	41.5	41.5	15.9
3	53.8	48.7	45.6	44.3	42.2	40.8	41.6	41.8	41.7	42.1	43.1	42.4	41.7	43.2	43.5	41.1	41.7	41.2	41.2	41.2	15.7
4	53.6	48.3	45.5	44.4	42.5	40.9	41.7	41.8	41.7	42.2	43.0	42.7	41.7	43.2	43.1	41.2	41.7	41.2	41.2	41.2	15.6
5	53.4	48.1	45.5	44.5	42.7	41.4	41.9	42.0	41.8	42.3	43.0	42.8	41.9	43.3	43.1	41.3	41.6	41.3	41.3	41.3	15.7
6	53.3	48.1	45.6	44.6	42.9	41.5	42.0	42.1	41.9	42.4	43.0	42.9	42.0	43.4	43.1	41.4	41.7	41.7	41.7	41.7	15.7
7	53.3	48.1	45.6	44.7	43.1	41.7	42.1	42.3	42.0	42.7	43.2	43.0	42.3	43.6	43.1	41.6	41.8	42.1	42.1	42.1	15.8
8	53.3	48.1	45.7	44.8	43.3	42.0	42.4	42.5	42.1	42.9	43.4	43.1	42.7	43.8	43.2	41.8	42.0	42.6	42.6	42.6	15.9
9	53.3	48.1	45.8	44.8	43.4	42.4	42.6	42.7	42.3	43.1	43.6	43.2	43.0	44.0	43.4	42.1	42.2	43.0	43.0	43.0	16.1
10	53.3	48.3	46.0	44.9	43.6	42.8	43.0	42.8	42.5	43.3	43.8	43.3	43.3	44.1	43.6	42.4	42.4	43.4	43.4	43.4	16.3
11	53.4	48.5	46.3	45.0	43.8	43.1	43.2	42.9	42.7	43.6	43.9	43.5	43.7	44.3	43.7	42.7	42.7	43.8	43.8	43.8	16.6
12	53.6	48.7	46.5	45.2	43.9	43.4	43.4	43.0	42.9	43.8	44.0	43.7	44.1	44.6	43.9	43.0	43.0	44.2	44.2	44.2	16.8
13	53.8	48.9	46.7	45.4	44.1	43.8	43.7	43.1	43.0	44.0	44.1	43.8	44.4	44.8	44.0	43.2	43.2	44.7	44.7	44.7	17.1
14	54.2	49.1	46.9	45.6	44.3	44.1	43.9	43.3	43.1	44.2	44.2	43.9	44.8	45.0	44.2	43.5	43.5	45.0	45.0	45.0	17.4
15	54.3	49.3	47.1	45.8	44.4	44.5	44.1	43.5	43.2	44.4	44.3	44.0	45.1	45.2	44.3	43.8	43.7	45.4	45.4	45.4	17.7
16	54.5	49.5	47.2	45.8	44.6	44.7	44.4	43.7	43.3	44.6	44.3	44.1	45.4	45.3	44.5	43.9	43.9	45.8	45.8	45.8	17.9
17	54.6	49.8	47.3	45.9	44.8	45.0	44.6	43.8	43.5	44.8	44.5	44.3	45.8	45.6	44.7	44.1	44.1	46.2	46.2	46.2	18.1
18	54.8	50.0	47.5	45.9	45.1	45.4	44.9	44.0	43.5	45.0	44.7	44.5	46.1	45.8	44.9	44.3	44.2	46.3	46.3	46.3	18.2
19	55.0	50.2	47.3	45.9	45.3	45.7	45.2	44.0	43.6	45.3	44.8	44.8	46.3	46.0	45.1	44.7	44.3	46.7	46.7	46.7	18.3
20	55.1	50.3	47.1	46.1	45.4	45.8	45.3	44.1	43.7	45.5	44.9	44.9	46.7	46.1	45.0	44.8	44.4	46.8	46.8	46.8	18.4
21	54.8	49.9	46.9	46.1	45.2	45.7	45.1	44.0	43.7	45.3	44.7	44.8	46.4	46.0	44.9	44.9	44.6	46.6	46.6	46.6	18.3
22	54.1	49.4	46.7	45.8	44.6	45.3	44.6	43.7	43.5	44.9	44.1	44.4	46.1	45.7	44.7	44.3	44.3	46.5	46.5	46.5	18.0
23	53.0	48.4	46.3	44.4	43.9	44.5	43.7	43.1	43.2	44.1	43.3	43.8	45.7	45.3	44.0	43.4	43.8	46.2	46.2	46.2	17.7

Juli 1889

Mittl. Green-  
wicher Zeit

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	16.	17.	18.	19.	20.	26.
0 <sup>h</sup>	17.1	19.8	21.0	22.9	26.6	30.3	30.0	29.9	30.4	30.1	27.8	31.7	33.4	34.9	—	21.8	23.7	25.0	24.3	9.9
1	17.0	19.3	21.0	23.0	27.1	30.3	29.5	29.7	29.9	29.9	27.0	30.7	32.8	34.6	19.0	21.7	23.2	24.4	23.8	9.7
2	16.9	19.0	20.5	22.6	27.3	29.8	29.1	29.6	29.8	29.2	26.6	30.3	32.9	34.4	19.2	21.7	22.9	23.9	23.4	9.6
3	16.7	18.9	20.5	22.6	27.3	29.8	28.8	29.7	29.7	28.5	26.3	30.3	33.0	34.4	19.0	21.6	22.8	23.9	23.2	9.2
4	16.8	18.9	20.4	22.7	27.4	29.7	28.7	29.7	29.6	28.3	26.5	30.5	33.2	34.6	19.0	21.7	22.9	23.9	23.1	9.3
5	16.9	18.9	20.6	23.0	27.6	29.7	28.6	29.7	29.6	28.0	26.7	30.9	33.4	34.8	19.2	21.8	23.0	24.0	23.1	9.5
6	17.0	19.0	20.8	23.2	27.8	29.8	28.8	29.7	29.6	28.0	26.9	31.3	33.6	35.0	19.3	22.0	23.2	24.0	23.2	9.8
7	17.2	19.3	20.9	23.5	28.1	29.9	28.8	29.8	29.7	27.9	27.1	31.6	33.8	35.1	19.6	22.1	23.3	24.2	23.3	9.9
8	17.3	19.5	21.1	23.8	28.3	30.1	28.9	30.0	29.8	28.0	27.6	31.9	34.0	35.3	29.9	22.1	23.5	24.4	23.5	10.0
9	17.5	19.7	21.3	24.0	28.6	30.2	29.1	30.1	30.0	28.1	27.9	32.1	34.2	35.6	20.2	22.1	23.7	24.5	23.6	10.2
10	17.7	20.0	21.5	24.2	28.8	30.4	29.3	30.2	30.1	28.3	28.3	32.4	34.4	35.7	20.5	22.2	23.9	24.7	23.7	10.3
11	17.9	20.3	21.7	24.4	29.1	30.6	29.3	30.4	30.3	28.3	29.1	32.6	34.6	—	20.7	22.4	24.0	24.9	23.8	10.5
12	18.1	20.6	21.9	24.8	29.3	30.7	29.5	30.6	30.5	28.5	29.9	32.9	34.8	—	21.0	22.6	24.2	25.0	24.0	10.6
13	18.4	20.8	22.1	25.1	29.6	30.9	29.7	30.8	30.7	28.7	30.7	33.1	35.0	—	21.2	22.8	24.4	25.2	24.1	10.8
14	18.7	21.1	22.3	25.4	29.8	31.1	29.9	30.9	30.9	28.9	31.5	33.4	35.2	—	21.5	23.1	24.6	25.4	24.2	10.9
15	19.0	21.4	22.5	25.7	30.1	31.2	30.1	31.0	31.0	29.0	31.8	33.6	35.4	—	21.8	23.3	24.8	25.5	24.3	11.0
16	19.3	21.7	22.8	26.0	30.3	31.4	30.3	31.1	31.1	29.1	32.0	33.7	35.6	—	21.9	23.6	25.1	25.7	24.5	11.1
17	19.5	21.9	23.0	26.2	30.5	31.7	30.5	31.1	31.3	29.2	32.2	33.9	35.7	—	22.2	23.8	25.3	25.9	—	11.1
18	19.8	22.1	23.4	26.6	30.7	32.0	30.6	31.2	31.5	29.4	32.4	34.1	35.8	—	22.4	24.2	25.7	26.0	—	11.2
19	20.1	22.1	23.7	26.8	30.8	32.1	30.7	31.3	31.4	29.7	32.6	34.3	36.0	—	22.3	24.4	25.9	26.0	—	11.2
20	20.3	22.1	24.1	26.9	30.8	32.1	30.7	31.4	31.2	29.9	32.7	34.4	36.0	—	22.3	24.6	26.1	26.0	—	11.2
21	20.4	22.1	24.2	26.9	30.8	32.0	30.6	31.5	30.9	29.7	32.8	34.5	36.0	—	22.2	24.4	25.9	25.8	—	11.2
22	20.3	21.6	24.0	26.9	30.6	31.6	30.4	31.2	30.5	29.3	32.7	34.5	35.7	—	22.1	24.3	25.7	25.5	—	11.1
23	20.1	20.9	23.4	26.9	30.6	30.9	30.2	30.8	30.3	28.5	32.3	34.0	35.5	—	21.9	24.2	25.3	25.0	—	10.9

Mittl. Green- wicher Zeit	August 1889																			
	Juli 1889																			
	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
0 <sup>h</sup>	10.3	10.1	12.8	13.9	14.0	13.7	13.7	15.0	14.6	13.5	16.2	17.6	19.5	20.5	19.9	20.2	23.2	23.8	24.0	25.3
1	9.4	9.6	13.0	13.1	13.2	12.6	12.9	14.5	14.3	13.0	16.0	17.2	19.3	19.7	19.2	20.2	23.0	23.2	24.0	25.2
2	8.9	9.2	13.0	12.4	12.9	11.9	12.9	13.8	14.0	12.1	15.7	16.5	19.3	19.7	18.9	20.4	22.7	23.2	23.2	25.2
3	8.9	9.1	12.9	12.2	12.6	11.8	13.0	13.7	13.5	12.0	15.3	16.3	19.3	19.3	18.5	20.6	22.7	22.8	23.4	25.2
4	8.9	9.3	12.9	12.3	12.7	12.0	13.2	13.7	13.5	12.4	15.3	16.6	19.3	19.2	18.8	20.8	22.6	22.8	23.4	25.1
5	9.0	9.5	12.9	12.6	12.9	12.1	13.3	13.8	13.5	12.6	15.4	16.8	19.4	19.2	18.9	21.1	23.0	22.8	23.6	25.1
6	9.0	9.7	12.9	12.8	13.0	12.3	13.5	13.9	13.6	12.9	15.6	17.1	19.5	19.3	19.1	21.3	23.1	22.9	23.7	25.1
7	9.3	10.0	12.9	12.9	13.2	12.6	13.7	14.1	13.8	13.3	15.8	17.5	19.7	19.5	19.2	21.4	23.3	23.0	23.9	25.2
8	9.5	10.2	13.0	13.1	13.4	12.9	13.7	14.2	14.0	13.7	16.0	17.9	19.9	19.7	19.4	21.5	23.5	23.1	24.1	25.2
9	9.7	10.5	13.2	13.3	13.7	13.0	13.8	14.4	14.2	14.1	16.2	18.1	20.1	19.8	19.6	21.7	23.7	23.3	24.3	25.2
10	9.9	10.7	13.3	13.6	13.9	13.2	13.9	14.6	14.4	14.3	16.4	18.4	20.3	20.0	19.8	21.8	23.9	23.4	24.5	25.3
11	10.0	11.0	13.5	13.9	14.1	13.4	14.2	14.7	14.7	14.7	16.6	18.7	20.6	20.1	20.0	22.0	24.1	23.7	24.7	25.4
12	10.2	11.2	13.7	14.1	14.5	13.7	14.5	14.8	14.9	14.9	16.8	19.0	20.8	20.3	20.1	22.3	24.2	23.8	24.9	25.5
13	10.4	11.5	14.0	14.5	14.8	14.0	14.9	14.9	15.1	15.2	17.0	19.2	21.0	20.4	20.4	22.6	24.4	24.0	25.0	25.6
14	10.6	11.8	14.2	14.9	15.0	14.3	15.2	15.0	15.3	15.5	17.2	19.4	21.2	20.6	20.6	22.8	24.6	24.1	25.2	25.7
15	10.8	12.0	14.3	15.2	15.2	14.6	15.6	15.1	15.5	15.8	17.4	19.7	21.3	20.7	20.9	23.0	24.8	24.3	25.4	25.8
16	11.0	12.2	14.5	15.4	15.5	15.0	15.9	15.3	15.7	16.0	17.6	20.0	21.5	20.8	21.1	23.2	24.9	24.6	25.5	25.8
17	11.1	12.4	14.7	15.6	15.7	15.2	16.1	15.5	15.9	16.2	17.8	20.1	21.7	20.9	21.2	23.3	25.0	24.6	25.7	25.7
18	11.4	12.5	14.7	15.7	16.0	15.6	16.4	15.6	16.0	16.4	18.0	20.3	21.8	21.0	21.3	23.6	25.0	24.6	25.7	25.6
19	11.7	12.6	14.8	15.7	16.3	15.8	16.6	15.6	15.9	16.7	18.1	20.5	21.8	21.0	21.4	23.6	25.0	24.8	25.7	25.5
20	11.7	12.7	14.8	15.7	16.4	15.8	16.8	15.5	15.7	16.9	18.3	20.6	22.0	20.8	21.5	23.7	24.9	24.8	25.7	25.2
21	11.6	12.7	14.7	15.5	16.3	15.5	16.6	15.3	15.3	16.9	18.5	20.7	21.9	20.8	21.4	23.6	24.9	24.8	25.6	25.0
22	11.3	12.8	14.6	15.2	15.8	15.0	16.1	15.1	15.0	16.7	18.4	20.4	21.7	20.7	21.0	23.5	24.6	24.6	25.4	24.5
23	10.8	12.7	14.1	14.9	14.8	14.5	15.4	14.9	14.6	16.6	18.1	20.1	21.1	20.4	20.3	23.4	24.2	24.4	25.3	24.0



Mittl. Green- wicher Zeit	August 1889															September 1889				
	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.
	0 <sup>h</sup>	23.5	23.4	20.9	21.1	19.2	22.5	22.0	23.1	24.1	24.8	27.1	25.7	26.9	26.3	23.2	21.7	22.0	23.4	24.1
1	23.4	22.3	20.1	20.1	19.3	22.0	21.6	22.9	23.8	24.0	26.3	24.7	25.9	26.2	21.8	20.5	21.6	22.2	23.4	24.7
2	23.2	20.9	19.4	19.0	19.3	21.9	21.2	22.9	23.7	24.1	26.0	24.5	25.8	26.1	20.9	19.6	21.1	21.4	22.6	23.8
3	23.2	21.9	19.2	18.6	19.3	21.8	21.5	22.8	23.7	24.3	25.7	24.6	25.8	26.0	20.5	19.3	20.9	21.5	22.6	23.4
4	23.2	21.8	19.4	18.6	19.2	21.8	21.4	22.9	23.7	24.7	25.9	24.8	25.9	26.8	20.7	19.4	21.0	21.8	22.8	23.6
5	23.4	21.7	19.7	18.6	19.1	21.9	21.5	22.9	23.7	24.9	25.9	25.1	26.0	26.6	21.0	19.8	21.3	22.1	23.1	23.9
6	23.6	21.8	20.0	18.8	19.1	22.0	21.7	23.0	23.8	25.0	26.0	25.6	26.0	26.6	21.3	20.1	21.7	22.5	23.5	24.2
7	23.8	21.8	20.2	18.9	19.8	22.0	21.8	23.1	24.0	25.2	26.1	25.9	26.1	26.5	21.6	20.3	22.0	22.8	23.8	24.5
8	23.9	21.9	20.6	19.0	20.2	22.1	22.0	23.3	24.1	25.8	26.2	26.1	26.2	26.5	21.9	20.7	22.3	23.1	24.1	24.8
9	24.1	21.9	20.9	19.1	20.6	22.2	22.1	23.5	24.3	26.5	26.3	26.3	26.2	26.4	22.1	20.9	22.6	23.5	24.5	25.1
10	24.3	22.0	21.1	19.2	20.9	22.3	22.4	23.7	24.5	26.7	26.5	26.6	26.3	26.4	22.4	21.1	22.9	23.8	24.8	25.4
11	24.6	22.0	21.3	19.3	21.3	22.4	22.6	23.8	24.8	27.0	26.6	26.8	26.4	26.4	22.7	21.4	23.2	24.1	25.1	25.6
12	24.8	22.0	21.5	19.4	21.5	22.6	22.9	24.0	24.9	27.1	26.8	27.0	26.5	26.5	22.9	21.7	23.5	24.4	25.3	25.9
13	25.0	22.1	21.7	19.6	21.7	22.7	23.1	24.1	25.0	27.4	26.9	27.2	26.6	26.6	23.1	22.0	23.8	24.7	25.6	26.2
14	25.1	22.2	21.9	19.8	21.9	22.8	23.4	24.2	25.2	27.7	27.0	27.5	26.7	26.7	23.4	22.3	24.1	24.9	25.9	26.4
15	25.3	22.2	22.1	19.9	22.1	22.6	23.6	24.4	25.3	27.8	27.0	27.8	26.8	26.8	23.7	22.6	24.4	25.2	26.2	26.7
16	25.4	22.3	22.2	20.0	22.4	22.7	23.9	24.6	25.4	28.0	27.1	28.0	26.9	26.9	23.9	22.8	24.7	25.5	26.5	27.0
17	25.3	22.4	22.4	20.1	22.7	22.9	24.1	24.7	25.5	28.1	27.1	28.1	26.9	27.0	24.1	23.0	25.0	25.7	26.8	27.3
18	25.4	22.5	22.5	20.2	22.9	23.0	24.3	24.8	25.6	28.3	27.1	28.3	26.9	27.1	24.3	23.2	25.2	26.0	27.0	27.5
19	25.4	22.5	22.8	20.1	23.2	23.0	24.4	24.8	25.7	28.3	27.2	28.5	26.9	27.1	24.4	23.4	25.4	26.2	27.1	27.7
20	25.2	22.5	23.0	20.0	23.3	23.0	24.3	24.9	25.7	28.2	27.2	28.7	26.9	27.2	24.5	23.3	25.7	26.4	27.2	28.0
21	25.0	22.4	22.9	19.8	23.3	23.0	24.2	24.8	25.7	28.2	27.1	28.6	26.7	26.1	24.4	23.3	25.8	26.4	27.1	27.9
22	24.7	22.1	22.5	19.7	23.2	22.9	24.2	24.7	25.6	28.1	27.1	28.2	26.6	25.7	24.0	23.2	25.2	26.0	27.0	27.6
23	24.2	21.6	22.1	19.1	23.0	22.6	23.9	24.4	25.3	27.8	26.9	27.7	26.4	24.7	23.0	22.8	24.4	25.2	26.7	26.9

## September 1889

Mittl. Green-

wicher Zeit

	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
0 <sup>h</sup>	25.8	27.7	30.2	29.9	29.5	27.8	27.3	28.3	30.2	32.7	35.1	37.8	38.7	37.9	37.7	38.8	41.1	42.9	43.6	43.4	43.1
1	24.7	27.1	30.1	29.4	28.8	26.7	27.0	28.2	30.3	31.9	34.4	37.7	38.5	37.2	36.5	38.9	41.0	42.9	43.6	42.6	43.3
2	23.9	27.6	30.1	28.8	28.2	26.1	26.9	27.9	30.4	31.5	33.9	37.5	38.5	36.7	35.8	38.9	40.6	42.8	43.4	41.9	43.3
3	23.7	28.1	30.0	28.5	27.8	26.0	26.6	27.7	30.5	31.5	33.9	37.3	38.4	36.4	35.6	38.9	40.4	42.6	43.3	41.7	43.4
4	24.0	28.1	30.1	28.4	27.9	25.8	26.5	27.8	30.7	31.7	34.3	37.4	38.3	36.6	36.0	39.0	40.4	42.4	43.2	41.9	43.4
5	24.5	28.2	30.1	28.4	28.0	25.8	26.6	27.9	30.8	32.0	34.7	37.5	38.4	36.9	36.3	39.1	40.5	42.5	43.3	42.1	43.5
6	24.6	28.4	30.1	28.5	28.1	26.1	26.7	28.2	31.0	32.3	35.1	37.7	38.5	37.1	36.7	39.4	40.7	42.7	43.4	42.3	43.6
7	25.0	28.5	30.1	28.6	28.3	26.3	26.8	28.4	31.2	32.5	35.4	37.8	38.5	37.4	37.0	39.7	40.9	42.8	43.4	42.5	43.7
8	25.3	28.7	30.2	28.7	28.4	26.5	26.9	28.6	31.4	32.7	35.6	37.9	38.6	37.6	37.3	39.9	41.0	42.9	43.5	42.7	43.8
9	25.6	28.9	30.2	28.8	28.5	26.7	27.0	28.7	31.6	32.9	35.9	38.0	38.7	37.8	37.5	40.1	41.2	43.1	43.7	42.9	43.8
10	25.9	29.1	30.3	28.9	28.6	26.9	27.1	28.9	31.8	33.1	36.3	38.1	38.8	38.0	37.8	40.2	41.4	43.2	43.9	43.0	43.9
11	26.2	29.3	30.4	29.1	28.7	27.2	27.2	29.1	32.0	33.3	36.5	38.3	38.8	38.2	38.0	40.4	41.7	43.4	44.0	43.1	44.0
12	26.5	29.5	30.4	29.3	28.9	27.4	27.4	29.3	32.2	33.5	36.7	38.4	38.9	38.4	38.2	40.5	41.9	43.6	44.2	43.2	44.1
13	26.7	29.7	30.4	29.4	29.0	27.6	27.5	29.5	32.4	33.7	37.0	38.6	39.0	38.7	38.3	40.7	42.0	43.8	44.3	43.2	44.2
14	27.0	29.8	30.5	29.6	29.2	27.8	27.6	29.7	32.6	33.9	37.3	38.8	39.0	38.9	38.4	40.8	42.1	43.9	44.5	43.3	44.3
15	27.3	30.0	30.5	29.7	29.4	28.0	27.7	29.9	32.8	34.1	37.5	39.0	39.1	39.0	38.6	40.9	42.1	44.0	44.7	43.3	44.4
16	27.5	30.2	30.6	29.9	29.6	28.2	27.8	30.2	33.1	34.3	37.7	39.1	39.1	39.2	38.8	41.0	42.4	44.0	44.9	43.3	44.5
17	27.8	30.3	30.6	30.0	29.8	28.4	27.8	30.4	33.4	34.5	37.9	39.1	39.2	39.4	39.0	41.1	42.5	44.1	44.9	43.3	44.6
18	28.0	30.4	30.6	30.1	30.0	28.5	27.9	30.6	33.6	34.7	38.1	39.2	39.3	39.6	39.1	41.2	42.6	44.1	45.0	43.2	44.8
19	28.2	30.4	30.6	30.1	30.2	28.4	28.1	30.7	34.0	35.1	38.2	39.2	39.4	39.9	39.2	41.3	42.7	44.2	45.1	43.2	44.8
20	28.2	30.4	30.6	30.2	30.3	28.5	28.2	30.8	34.3	35.4	38.2	39.2	39.5	40.1	39.4	41.3	42.8	44.1	45.1	43.2	44.9
21	28.3	30.4	30.5	30.1	30.2	28.5	28.2	30.7	34.4	35.6	38.3	39.2	39.5	40.2	39.4	41.3	42.9	44.1	45.1	43.1	44.8
22	28.3	30.3	30.4	29.9	29.8	28.4	28.3	30.7	34.0	35.6	38.3	39.1	39.3	39.9	39.4	41.3	42.9	44.0	44.9	43.1	44.7
23	28.2	30.2	30.2	29.7	28.9	27.8	28.3	30.6	33.4	35.7	37.9	38.9	38.8	39.0	39.1	41.3	42.9	44.0	44.4	43.0	44.4

### 3. Beobachtungen in Puerto Orotava.

Die Beobachtungen, welche Ende September 1889 in Wilhelmshaven und Potsdam abgebrochen wurden, konnten erst im December des folgenden Jahres in Puerto Orotava auf Teneriffa fortgesetzt werden. Ursprünglich war es meine Absicht, damit gleich nach Ankunft der Instrumente im Juni 1890 in meinem damaligen Aufenthaltsorte, dem etwa 600 m hoch auf dem die Insel durchziehenden Gebirgsrücken gelegenen Städtchen Laguna zu beginnen. Dieser Gedanke musste indessen fallen gelassen werden, da es mir einerseits nicht gelang, ein passendes Beobachtungslocal zu finden, andererseits die kühle Jahreszeit, welche in jenem hochgelegenen Orte von andauerndem Regen begleitet zu sein pflegt, mich nöthigte, einen günstigeren Aufenthaltsort aufzusuchen. Anfang November kam ich nach Puerto Orotava, wo es mir bald durch die Freundlichkeit einer seit längerer Zeit in Teneriffa lebenden englischen Dame gelang, ein geeignetes Local für die Aufstellung der Instrumente zu finden, welches um so günstiger erschien, als es unweit des Wohnhauses jener Dame lag, in dem ich selbst während der Dauer meines Aufenthaltes wohnte.

Das Grundstück, Sitio del Pardo genannt, ist ein den meisten Besuchern von Orotava wohlbekanntes Landgut von nicht unbeträchtlicher Ausdehnung, welches unmittelbar hinter den Häusern des Puerto beginnt und sich an dem nordöstlichen Abhange eines alten Lavastromes, der ein für die ganze Landschaft charakteristisches, über dem Puerto aufragendes Plateau bildet, landeinwärts erstreckt.

Der vulcanische Boden besteht aus Lavagestein, über welchem sich, ganze Strecken bedeckend, lose, rauhe Gesteinstrümmer befinden. Dieselben werden, wo sich kein anstehendes Gestein (von den Einwohnern „risco“ genannt) vorfindet, zur Herstellung der Fundamente benutzt. Obwohl letztere daher nicht für so fest gelten können, wie anstehendes Gestein, so lag doch kein Grund vor, besonders in dem vorliegenden Falle, wo es sich um einige Jahrzehnte alte Fundamente handelte, dieselben für ungeeignet zur Aufnahme des Pendelpfeilers zu halten. Im Gegentheil glaube ich, dass dieselben, vorausgesetzt, dass kein zu grosses Gewicht auf ihnen lastet und sie Zeit gehabt haben, sich zu setzen, einen günstigen Untergrund bieten, weil der Feuchtigkeit ein rascher Abzug gestattet ist.

Da die Häuser in Teneriffa keine unter der Erde gelegenen Keller besitzen, so musste von vornherein auf eine ähnlich günstige Aufstellung des Pendels, wie sie beispielsweise das astrophysikalische Observatorium in Potsdam ermöglichte, verzichtet werden. Auf dem erwähnten Grundstücke hatte nun der frühere Besitzer desselben in einiger Entfernung von dem Wohnhause ein kleines, aus zwei Räumen bestehendes chemisches Laboratorium errichten lassen, welches mir für meine Zwecke angeboten wurde. Ich entschied mich sogleich für dasselbe, da ich bereits die Ueberzeugung gewonnen hatte, ein geeigneteres Lokal nicht finden zu können.

Das Laboratorium ist aus Steinen aufgeführt und mit einem platten Dache nach Art der Azoteen der Wohnhäuser versehen. Das Fundament ist von der oben geschilderten Art und von einem Cementboden bedeckt. Da wenig Aussicht vorhanden war, beim Durchbrechen desselben an der für den Pendelpfeiler gegebenen Stelle gerade auf einen „risco“ zu treffen, so zog ich es vor, den Pfeiler direct auf dem Fussboden zu errichten. Das etwa in der Richtung des magnetischen Meridians gelegene Laboratorium enthält, wie aus dem Situationsplane Fig. 6 ersichtlich, zwei Räume. Von diesen wurde der südliche für den Pendelpfeiler bestimmt, und um die Bedingungen so günstig als möglich zu gestalten, wurde einige Zeit nach der Fertigstellung des Pfeilers die Oeffnung der in den Garten führenden Thür vermauert. In die nach dem Nebenraum führende zweite Thüröffnung wurde eine gut schliessende Holzthür eingesetzt, welche nur die für den Durchgang der Lichtstrahlen nöthigen Oeffnungen enthielt. Auf diese Weise war der Raum für das Pendel so gut als möglich abgeschlossen, während der Beobachtungen wurde derselbe nur wenige Male und dann nur mit grösster Vorsicht zur Vor-<sup>3</sup>nahme von Correctionen betreten.

Da mit Rücksicht auf die Fundamente das Pendel nicht in gleicher Weise, wie bei den früheren Beobachtungen, isolirt werden konnte, so mögen noch folgende Bemerkungen über die Umgebung des Laboratoriums Platz finden. Im Osten desselben, wo sich der Garten befindet, ist das Terrain um etwa 2 m höher, als im Westen, wo ein Feld angrenzt. An der Westseite, an welcher sich auch der Eingang zu dem Nebenraume befindet, führt ein Fusssteig entlang, der hier und da auch von den Arbeitern benutzt wird. Nach den in Potsdam gemachten Erfahrungen vermuthete ich, dass hierdurch

Ablenkungen des Pendels verursacht würden. Die Beobachtungen und directe Versuche bestätigten dies, die Störungen sind aber durchaus vorübergehend und von gar keinem Belang, wie später gezeigt werden wird. Die Aussenwände des kleinen Gebäudes und ein Theil des Daches sind durch ein dichtes Schirmdach von blätterreichen Schlinggewächsen bedeckt. Besonders gilt dies von der Südseite, so dass die Wände während des grösseren Theiles des Tages einen Schutz gegen die Sonnenstrahlen haben und erst in den späteren Nachmittagsstunden auf kurze Zeit von denselben beschienen werden. Gegen die Wirkung des zuweilen heftigen Windes ist das kleine Gebäude auf das vortheilhafteste geschützt, indem es in Folge seiner Lage in einer muldenförmigen Vertiefung von den vorherrschenden Winden fast gar nicht getroffen werden kann.

Zur Charakterisirung der allgemeinen Situation des Beobachtungsortes, deren Kenntniss bei Beobachtungen dieser Art nicht zu entbehren ist, mögen noch folgende Angaben dienen. Steigt man auf die gleich hinter dem kleinen Laboratorium sich erhebenden Höhen des Lavastromes empor, so erlangt man einen ziemlich umfassenden Ueberblick über die grossartige Formation der Orotavamulde oder, wie es im Volksmunde heisst, des Valle Taoro. Während in der Richtung gegen Norden das tiefblaue Meer fast die Hälfte des sichtbaren Horizonts einnimmt, nur zuweilen unterbrochen durch die zackigen Umrisse der Insel Palma, ist die andere Hälfte umgrenzt von einem grossartigen Circus von Bergen, die im Süden bis zu 6000 und 7000 Fuss Höhe ansteigen und deren Ausläufer gegen das Meer hin allmählich abfallend in steilen, unzugänglichen Klippen enden. Wir befinden uns etwa im Centrum der von diesen Bergen eingeschlossenen Mulde und erkennen, dass der Boden derselben von der Küste an langsam ansteigend sich mit wechselnder Böschung gegen den Absturz derselben anlehnt. An drei Stellen erheben sich kleine Auswurfskegel über den Thalboden und über den einer finsternen Mauer vergleichbaren Rücken der Ladera de Tigayga ragt im Südwesten der Kegel des Pic de Teyde hervor. In den Wintermonaten steigt die Sonne erst gegen 8 Uhr hinter der Bergwand empor und sinkt schon früh unter den Rand der westlichen Ladera.

Im Osten des gegen 50 m über dem Meere gelegenen Wohnhauses des Sitio zieht der tief eingeschnittene, von steilen Wänden begrenzte Barranco

Martianez vorüber und endet unweit auf dem flachen Vorlande, am Fusse der schönen Klippen von La Paz, welche durch das durch den Aufenthalt von Alexander v. Humboldt bekannt gewordene Landhaus gleichen Namens gekrönt sind. Im Westen erhebt sich das vorerwähnte, durch den Lavastrom gebildete Plateau, auf welchem jetzt ein grosses Hotel steht, um etwa 40 m über den Sitio. An der durch schwarze Lavafelsen gebildeten Küste steht fast immer eine mehr oder minder heftige Brandung.

Zur Vergleichung mit meinen Beobachtungen haben die meteorologischen Beobachtungen gedient, welche in dem an der Westseite des Puerto, nahe dem Meere und 23 m über demselben gelegenen Sitio de Cullen angestellt werden. Ich verdanke dieselben der Gefälligkeit des derzeitigen Beobachters Mr. Perry. Sie bilden die Fortsetzung der von dem kürzlich verstorbenen Mr. Boréham begonnenen systematischen Beobachtungen. Dieser Herr errichtete aus eigener Initiative eine Beobachtungsstation, welche er mit vortrefflichen Instrumenten versah und dem Observatorium in Kew unterstellte. Nach seinem Tode wurden die Instrumente von dem früheren Beobachtungsorte San Antonio oberhalb des Puerto nach dem Sitio de Cullen gebracht und es wurde zugleich für die regelmässige Fortsetzung der Beobachtungen gesorgt. Da diese Station auch registrirende Instrumente besitzt, so liefert sie die besten Beobachtungen, die bisher in Teneriffa erhalten wurden. Von gleicher Güte, wenn auch geringerer Vollständigkeit, sind die Beobachtungen, welche in der Hauptstadt Santa Cruz de Tenerife auf dem dortigen kleinen Observatorium mit französischen Instrumenten angestellt werden.

Nachdem durch die Säumigkeit der Handwerker viel Zeit verloren war, konnten am 26. December die Beobachtungen begonnen werden. Registrirapparat und Lampe waren statt auf Pfeilern auf starken Holztischen montirt. Von dem Kasten des Registrirwerkes führte ein Holzrohr nach der entsprechenden Oeffnung der Holzthür, so dass nur Licht aus der Richtung des Spaltes auf die Walze gelangen konnte. Durch Anbringung einer Abblendungsvorrichtung an der die Lichtstrahlen des Spaltes einlassenden Thüröffnung konnte die photographische Registrirung fortgesetzt werden, auch wenn volles Tageslicht in den Raum drang. Dies wurde unvermeidlich, sowohl für die Ventilation des Raumes, als auch deshalb, weil derselbe anderweitig von mir benutzt werden musste. Es sind aber gelegentlich hierdurch Ver-

schleierungen des Papiers entstanden, bei denen jedoch die Curve noch deutlich genug hervortritt. Einige Schwierigkeit bereiteten die Lampen durch die geringe Constanz der Flamme, welche nur auf das unerwartet schlechte Brennmaterial zurückzuführen war und oft ganz plötzlich in der hartnäckigsten Weise sich geltend machte. Hierdurch sind einige Unterbrechungen entstanden, die jedoch nirgends die Dauer einiger Stunden überschreiten und stets durch Interpolation leicht auszufüllen waren.

Zu meinem Bedauern sah ich mich veranlasst, nach Verlauf von vier Monaten die Beobachtungen abzubrechen, da mich mein Gesundheitszustand zur Rückkehr nach Deutschland nöthigte. Schon während des März und April war ich nur wenig im Stande, mich um den Fortgang der Beobachtungen zu kümmern, und dieselben würden jedenfalls nicht so vollständig haben ausfallen können, wenn ich nicht in meiner Hausgenossin, Fräulein Honegger, eine verständnisvolle und jederzeit bereite Hilfe gefunden hätte. So gelang es wenigstens, eine viermonatliche ununterbrochene Beobachtungsreihe zu sichern, durch welche ich hoffen konnte, einigermaassen sicheren Aufschluss über die Existenz einer Mondwelle in den Beobachtungen zu erlangen. Nach meiner Rückkehr nach Deutschland erfuhr ich, dass die correspondirenden Beobachtungen in Wilhelmshaven gar nicht angestellt worden waren. Hierdurch wurde allerdings die Aussicht vereitelt, aus correspondirenden Aufzeichnungen von Erderschütterungen Bestimmungen über die Geschwindigkeit der Fortpflanzung derselben zu erlangen. Wie sich späterhin ergeben wird, haben trotzdem die in Teneriffa beobachteten Störungen zu interessanten Schlussfolgerungen geführt.

Die Temperatur im Innern des Laboratoriums wurde bei jedem Lampen- und Bogenwechsel an einem an der Holzthür aufgehängten Thermometer abgelesen. Die täglichen Schwankungen sind sehr gering und der Gang in den vier Monaten ist von grosser Regelmässigkeit. In dem geschlossenen Pendelraume wird beides noch mehr der Fall gewesen sein. Da während der ganzen Zeit das Fenster mehr oder weniger geöffnet geblieben ist, so gestatten diese Zahlen zugleich ein Urtheil über die Milde des dortigen Winterklimas.

### Uebersicht der Temperatur-Beobachtungen und Uhrcorrectionen (Puerto Orotava, Teneriffa).

Das Thermometer hing im Vorraum an der beide Räume trennenden Holzthür. Der Bogenwechsel fand bis Januar 31. Mittags, von da an Morgens gegen 9<sup>h</sup> zugleich mit dem Lampenwechsel statt. Das in dem Vorraum befindliche Fenster war in der Regel ein wenig geöffnet. Zuweilen wurde der Vorraum als Dunkelkammer für photographische Zwecke benutzt. Die Columne  $\Delta U$  enthält die Uhrstände. Januar 3. Mittags war das Lokal voll Rauch und musste gelüftet werden. Januar 27. und April 22. war die Uhr stehen geblieben.

Die Uhrcorrectionen sind bei der Ablesung der Curven schon berücksichtigt. Februar 3. bis April 5. sind dieselben etwas unsicher, weil während dieser Periode Zeitbestimmungen nicht vorgenommen werden konnten und das zur Vergleichung benutzte Chronometer einen unregelmässigen Gang zeigte.

Datum	a. m.	p. m.	$\Delta U$	Datum	a. m.	p. m.	$\Delta U$
1890 Decbr. 26.	+ 16.5 <sup>o</sup>	+ 16.8 <sup>o</sup>	- 3.9 <sup>m</sup>	1891 Januar 24.	+ 16.2 <sup>o</sup>	+ 16.2 <sup>o</sup>	
27.	16.4	17.2		25.	16.0	16.5	- 6.3 <sup>m</sup>
28.	17.1	17.4	- 3.8	26.	16.2	16.4	
29.	16.6	17.5		27.	16.2	16.8	- 5.4
30.	17.4	17.2	- 3.8	28.	15.9	16.8	
31.	17.0	17.8		29.	15.6	16.0	- 5.6
1891 Januar 1.	+ 17.0	+ 17.6	- 4.1	30.	16.2	16.4	
2.	17.0	17.5		31.	16.2	16.6	- 5.9
3.	17.0	17.0	- 4.3	1891 Februar 1.	+ 16.0	+ 17.2	
4.	16.6	16.7		2.	16.4	16.4	- 6.3
5.	15.8	16.8	- 4.4	3.	16.5	16.4	
6.	16.6	17.4		4.	16.8	17.2	- 6.8
7.	17.0	17.4	- 4.6	5.	16.8	18.0	
8.	17.1	17.1		6.	17.2	17.6	- 4.6
9.	16.8	17.3	- 4.7	7.	16.6	17.6	
10.	17.0	17.3		8.	17.0	17.7	- 3.8
11.	16.6	17.0	- 4.9	9.	16.9	17.5	
12.	16.5	17.0		10.	16.8	17.4	- 3.0
13.	16.3	17.0	- 5.1	11.	16.5	—	
14.	16.6	17.4		12.	16.6	16.6	- 2.8
15.	16.4	17.1	- 5.1	13.	16.5	17.2	
16.	16.8	16.4		14.	16.9	17.1	- 2.8
17.	16.9	17.2	- 6.0	15.	16.2	16.8	
18.	17.8	17.4		16.	16.7	17.2	- 3.0
19.	16.6	16.7	- 5.6	17.	16.6	17.8	
20.	16.1	16.0		18.	17.0	17.8	- 3.0
21.	16.2	16.0	- 5.8	19.	16.7	17.8	
22.	15.8	16.2		20.	17.2	17.8	- 3.1
23.	16.2	16.8	- 6.0	21.	17.6	18.1	



Datum	a. m.	p. m.	$\Delta U$	Datum	a. m.	p. m.	$\Delta U$
1891 Febr. 22.	+ 17.4 <sup>o</sup>	+ 18.3 <sup>o</sup>	- 3.5 <sup>m</sup>	1891 März 27.	+ 18.4 <sup>o</sup>	+ 19.0 <sup>o</sup>	
23.	18.0	18.3		28.	19.0	20.0	- 9.4 <sup>m</sup>
24.	17.4	18.0	- 3.9	29.	19.0	19.8	
25.	17.8	17.6		30.	19.2	20.0	- 9.7
26.	17.6	18.0	- 4.3	31.	19.0	19.8	
27.	17.4	—		1891 April 1.	+ 19.4	+ 19.8	- 9.9
28.	16.6	17.0	- 4.8	2.	19.4	19.8	
1891 März 1.	+ 17.1	+ 17.4		3.	19.4	19.8	- 10.2
2.	17.2	18.0	- 4.9	4.	19.0	19.6	
3.	17.7	18.0		5.	19.4	20.2	- 10.4
4.	18.6	19.0	- 5.2	6.	19.8	20.0	
5.	18.8	18.8		7.	19.8	20.4	- 12.3
6.	18.2	18.0	- 5.9	8.	19.8	20.0	
7.	18.5	18.4		9.	19.0	19.2	- 12.4
8.	18.8	18.8	- 6.1	10.	17.8	19.8	
9.	19.0	19.2		11.	18.4	19.8	- 12.4
10.	19.9	19.4	- 6.6	12.	18.6	19.2	
11.	19.8	19.2		13.	19.8	20.0	- 13.1
12.	19.8	19.0	- 7.2	14.	19.0	20.0	
13.	18.6	19.0		15.	19.6	20.8	- 12.5
14.	19.2	18.4	- 7.5	16.	20.4	21.0	
15.	19.5	18.0		17.	20.2	21.0	- 13.6
16.	19.0	18.4	- 8.0	18.	20.0	20.8	
17.	17.4	19.0		19.	20.0	21.0	- 14.6
18.	19.2	19.8	- 8.2	20.	20.0	21.4	
19.	20.0	20.2		21.	20.6	21.0	- 14.9
20.	19.0	19.8	- 8.5	22.	19.8	20.8	
21.	19.4	19.2		23.	20.0	20.8	- 12.1
22.	18.8	19.6	- 8.7	24.	19.9	21.0	
23.	19.0	19.4		25.	20.8	20.6	- 13.0
24.	19.0	19.0	- 8.9	26.	20.0	21.0	
25.	18.4	19.0		27.	20.4	21.0	- 14.0
26.	17.8	19.4	- 9.2	28.	20.4	—	

Die Uhr des Registrirapparates, welche in diesem Falle nach Ortszeit regulirt war, ist bei jedem Bogenwechsel mit einem von mir benutzten Chronometer verglichen worden, dessen Fehler ich durch Beobachtung bestimmte. Der Gang der Uhr ist ein für die bei der geringen Drehungsgeschwindigkeit der Walze ( $1^h = 11 \text{ mm}$ ) erreichbare Genauigkeit der Zeitangaben durchaus befriedigender.

Correctionen am Pendelapparat fanden statt: Januar 3., Januar 8., Februar 14., März 8.

Die Schwingungsdauer  $T_0$  wurde aus 2030 Schwingungen =  $0.4068^s$  gefunden. Ferner wurden folgende Beobachtungen von  $T$  angestellt:

1890 December	22.	$T = 11.300$	(30 $T$ )
1891 Januar	3.	$T = 11.217$	(30 $T$ )
„	9.	$T = 11.267$	(30 $T$ )
März	9.	$T = 11.275$	(20 $T$ )
April	28.	$T = 11.400$	(20 $T$ ).

Die letzte von Fräulein Honegger gemachte Beobachtung erhielt das Gewicht  $\frac{1}{2}$ . Aus diesen Zahlen folgt im Mittel

$$T = 11.280.$$

Der Abstand Spiegel—Walze ergab sich im Mittel aus mehreren Messungen 4578 mm. Der Winkelwerth eines Millimeters auf der Walze ist daher  $\frac{1}{2d \cdot \sin 1''} = 22.53$ ; und hieraus folgt die Reductionsconstante für 1 mm Ordinatenänderung der Curve

$$22.53 \frac{T_0^2}{T^2} = 0.02930$$

oder für einen Theil der zu den Ablesungen benutzten Glasscala (5 mm)

$$0.1465.$$

Dieser Werth ist überall angewandt, wo eine Uebertragung der gewählten Einheit (5 mm) auf Winkelwerth stattgefunden hat.

Es möge noch, wie früher, erwähnt werden, dass die durch die Curve aufgezeichneten Verrückungen des Lichtpunkts die 7040-fache Vergrößerung derjenigen linearen Bewegungen sind, welche die Spitze eines vertical hängenden Pendels von 1 m Länge ausführt.

Die Ablesung der Curven ist genau in der früheren Weise geschehen, auf den Uhrfehler des Registrirapparates ist dabei Rücksicht genommen. Um die Nullpunkts correctionen zu berücksichtigen, haben die directen Ablesungen die entsprechenden Correctionen erhalten.

**Curven-Ablesungen, auf gemeinsamen Nullpunkt reducirt.**

Bemerkung: Die Ablesungen wachsen, wenn das Pendel von Ost nach West wandert.

**Puerto Orotava, Teneriffa.**

Mittlere Ortszeit	December 1890												Januar 1891											
	26.	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.				
	0 <sup>h</sup>	19.8	19.7	21.8	23.8	24.7	25.2	26.5	28.1	29.2	30.2	32.6	32.6	32.6	36.0	37.0	39.1	40.1	42.1	43.9	44.9			
1	19.1	18.7	21.4	23.3	24.1	24.5	25.5	26.8	28.1	29.1	31.7	31.5	32.3	36.2	37.0	39.0	40.0	40.8	42.7	44.0				
2	18.7	18.8	21.2	23.0	23.7	23.9	24.9	26.6	27.2	28.5	31.1	31.0	32.6	36.2	37.2	38.8	40.5	40.2	41.8	43.1				
3	18.4	19.1	20.3	22.9	23.9	22.9	25.0	25.8	27.1	28.7	30.4	30.6	32.9	36.3	37.2	39.0	40.7	39.3	40.8	43.2				
4	18.4	19.6	19.6	23.1	24.0	23.4	25.4	25.7	27.1	29.2	30.1	30.9	33.0	36.1	37.5	39.3	40.8	38.7	40.2	43.8				
5	18.6	20.0	20.1	23.4	24.6	23.9	25.7	26.2	27.7	29.7	30.4	31.4	33.3	36.2	37.8	39.5	41.0	39.2	40.7	44.3				
6	18.7	20.4	21.0	23.6	24.8	24.6	26.1	26.7	28.0	30.1	31.1	32.0	33.7	36.5	38.0	39.8	41.2	40.1	41.7	44.7				
7	18.8	20.7	21.8	23.7	25.1	24.8	26.9	27.3	28.6	30.4	31.5	32.5	34.2	36.8	38.2	39.9	41.3	40.9	42.5	45.1				
8	19.0	21.0	22.7	23.7	25.6	25.3	27.5	27.9	29.0	30.9	32.1	33.1	34.8	37.1	38.6	40.1	41.7	41.6	43.1	45.5				
9	19.1	21.5	23.2	23.7	25.7	25.7	27.8	28.4	29.3	31.3	32.5	33.3	35.3	37.3	39.0	40.2	42.0	42.1	43.1	45.9				
10	19.3	21.8	23.7	23.7	25.8	25.9	28.1	28.8	29.8	31.6	33.0	33.6	35.4	37.7	39.2	40.3	42.2	42.1	44.1	46.1				
11	19.5	22.2	24.1	23.8	25.7	26.3	28.4	29.1	30.0	31.9	33.2	34.1	35.6	38.1	39.5	40.7	42.5	42.7	44.7	46.3				
12	19.8	22.6	24.5	23.8	25.8	26.6	28.6	29.5	30.2	32.1	33.4	34.2	35.8	38.2	39.8	41.0	42.8	43.5	45.0	46.6				
13	19.9	22.8	24.7	23.9	25.9	27.0	28.9	29.8	30.3	32.3	33.5	34.1	36.0	38.2	40.0	41.1	43.1	43.9	45.2	46.7				
14	20.4	23.0	24.8	24.1	26.2	27.4	29.2	30.1	30.4	32.5	33.5	34.2	36.1	38.5	40.1	41.2	43.1	44.3	45.3	47.0				
15	20.6	23.3	24.8	24.3	26.5	27.7	29.5	30.5	30.5	32.9	33.6	34.2	36.2	38.7	40.1	41.1	43.2	45.3	45.6	47.3				
16	20.6	23.5	24.9	24.4	26.7	27.9	29.8	30.8	30.9	33.1	33.7	34.2	36.3	38.7	40.3	41.2	43.1	44.9	45.9	47.3				
17	20.8	23.6	25.1	24.5	26.9	28.3	30.0	30.9	31.2	33.4	33.9	34.3	36.5	38.6	40.5	41.3	43.2	45.1	46.0	47.6				
18	21.0	23.6	25.2	24.6	27.0	28.4	30.1	31.1	31.6	33.8	34.1	34.4	36.9	38.6	40.5	41.6	43.3	45.4	46.1	47.9				
19	21.2	23.7	25.3	24.7	27.3	28.6	30.2	31.3	31.9	34.3	34.2	34.6	37.2	38.8	40.7	41.8	43.3	45.7	46.3	48.1				
20	21.6	23.7	25.3	24.9	27.5	28.8	30.4	31.4	32.1	34.6	34.2	34.8	37.4	38.9	40.6	42.1	43.4	46.0	46.7	48.2				
21	21.8	23.7	25.2	25.1	27.4	28.8	30.5	31.4	32.2	35.0	34.2	35.1	37.4	39.0	40.7	42.2	43.4	46.1	46.7	48.2				
22	21.9	23.5	25.0	25.0	27.4	28.7	30.4	31.0	32.2	35.0	34.1	35.1	37.4	39.0	40.7	42.0	43.7	46.1	46.5	48.2				
23	21.2	22.8	24.6	24.7	26.5	27.8	29.7	30.3	31.5	34.2	33.7	33.8	36.3	38.0	39.9	41.3	42.9	45.3	45.6	47.8				

Mittlere Ortszeit	Januar 1891														Februar 1891					
	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.
	0 <sup>h</sup>	46.7	47.9	46.6	46.9	47.6	46.2	46.4	44.7	43.7	44.3	44.7	44.7	45.5	47.9	49.0	49.0	51.4	50.3	51.0
1	46.0	47.7	45.7	46.7	47.3	45.4	46.1	44.1	43.1	44.0	44.1	44.7	44.3	46.8	48.0	48.0	50.1	49.2	50.1	48.7
2	45.7	47.1	45.3	46.1	47.1	45.0	45.7	43.9	43.4	43.1	44.4	44.3	43.9	46.1	47.6	47.5	49.9	48.7	49.8	48.1
3	45.9	47.4	44.5	45.9	46.8	44.7	45.4	43.9	43.0	43.1	44.7	44.3	43.7	45.2	46.9	46.9	49.1	48.1	49.0	47.0
4	46.0	47.7	44.4	46.0	46.8	44.7	45.5	43.7	43.2	43.7	44.9	43.3	43.7	44.9	46.3	46.7	48.6	47.6	48.8	47.0
5	46.3	48.0	45.2	46.2	46.7	44.8	45.4	44.1	43.5	44.0	45.0	43.6	43.7	45.1	46.5	46.9	48.8	47.8	49.0	47.2
6	46.7	48.0	45.8	46.6	46.7	45.2	45.4	44.6	43.8	44.3	45.0	44.0	44.3	45.7	47.2	47.5	49.3	48.6	49.7	47.8
7	46.9	48.1	46.1	46.9	46.9	45.5	45.5	44.7	44.1	44.6	45.1	44.7	45.1	46.6	48.0	48.4	50.0	49.4	50.3	48.7
8	47.1	48.1	46.5	47.1	47.0	45.7	45.5	45.0	44.5	45.1	45.3	45.2	45.9	47.5	48.7	49.1	50.7	50.1	50.9	49.4
9	47.4	48.2	46.8	47.3	47.0	46.0	45.8	45.2	44.7	45.7	45.5	45.7	46.6	48.2	49.3	49.9	51.1	50.8	51.4	50.0
10	47.7	48.1	46.9	47.4	47.0	46.1	45.9	45.4	44.9	46.0	45.8	46.1	47.1	48.9	49.8	50.4	51.6	51.2	51.2	50.6
11	47.8	48.1	47.1	47.5	47.0	46.2	46.0	45.7	45.1	46.3	45.9	46.4	47.7	49.3	50.2	50.0	51.9	51.7	50.6	50.9
12	47.9	48.1	47.2	47.4	47.0	46.3	46.1	45.6	45.2	46.6	46.1	46.7	48.2	49.8	50.5	51.3	52.2	52.0	50.8	51.1
13	48.0	48.1	47.3	47.5	47.1	46.4	46.3	45.5	45.3	46.7	46.3	46.9	48.6	50.1	50.7	51.4	52.4	52.3	51.1	51.3
14	48.2	48.2	47.3	47.4	47.1	46.3	46.4	45.3	45.4	46.7	46.4	47.1	48.9	50.4	51.0	51.8	52.7	52.5	51.2	51.5
15	48.2	48.3	47.4	47.7	47.2	46.2	46.5	45.1	45.6	46.8	46.5	47.2	49.1	50.7	51.3	52.2	52.9	52.7	51.3	51.7
16	48.2	48.3	47.6	47.8	47.3	46.2	46.5	45.1	45.5	46.8	46.6	47.3	49.3	51.0	51.4	52.4	53.1	53.0	51.7	52.0
17	48.0	48.5	47.7	48.0	47.4	46.2	46.6	45.0	45.3	46.9	46.5	47.6	49.7	51.2	51.7	52.6	53.3	53.2	52.0	52.2
18	48.1	48.4	47.8	48.0	47.6	46.2	46.7	45.0	45.2	46.9	46.7	47.8	50.0	51.5	51.9	52.8	53.5	53.4	52.4	52.7
19	48.1	48.3	47.9	48.0	47.7	46.3	46.7	45.1	45.3	47.0	46.8	48.0	50.2	51.7	52.2	53.1	53.6	53.7	52.8	52.9
20	48.1	48.3	48.0	48.0	47.9	46.3	47.0	45.0	45.2	47.1	46.6	48.0	50.5	52.1	52.3	53.4	53.7	53.8	53.1	53.0
21	48.2	48.5	48.0	47.8	48.1	46.3	47.1	44.9	45.2	47.1	46.4	48.0	50.7	52.1	52.3	53.5	53.7	53.7	53.1	53.0
22	48.3	48.3	48.0	47.8	48.0	46.2	46.8	44.8	45.3	47.0	46.2	47.8	50.3	51.9	52.0	53.3	53.4	53.6	52.7	52.7
23	48.4	47.4	47.1	47.7	47.2	46.1	45.7	44.5	45.0	46.1	45.7	47.0	49.4	50.7	50.8	52.5	52.1	52.3	51.5	51.8

Februar 1891

Mittlere Ortszeit	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
0 <sup>h</sup>	50.4	50.6	51.2	52.0	52.0	52.2	52.9	52.0	53.8	53.8	53.9	53.9	53.4	53.4	53.3	52.9	52.0	50.9	51.3	50.2	51.4
1	49.5	48.8	50.0	50.8	50.9	51.7	52.8	51.6	53.1	52.7	52.8	53.0	52.2	52.3	52.5	51.4	50.9	50.1	50.2	49.8	50.6
2	49.2	48.3	49.8	50.6	50.8	51.8	53.1	51.9	52.9	52.5	53.0	52.8	51.9	52.1	52.3	51.2	50.8	50.0	49.8	49.2	50.2
3	49.0	47.8	49.3	50.1	50.7	51.1	53.3	52.1	53.3	52.3	53.2	52.3	51.7	51.7	52.1	51.2	50.3	49.4	49.3	49.3	49.9
4	48.7	47.3	48.9	50.2	50.7	51.4	53.4	52.3	53.7	52.7	53.4	51.8	51.3	51.9	52.0	50.9	49.9	49.1	48.9	49.8	50.9
5	48.9	47.3	49.0	50.4	51.0	51.8	53.6	52.4	54.0	53.1	53.7	51.7	51.4	52.0	51.8	51.1	49.8	48.9	48.7	49.9	50.3
6	49.3	48.0	49.6	50.7	51.4	52.1	53.6	52.8	54.2	53.6	54.1	52.4	51.9	52.2	51.9	51.3	50.2	49.4	49.1	50.1	50.7
7	49.9	48.8	50.0	51.0	51.7	52.3	53.6	53.1	54.3	53.9	54.3	53.0	52.5	52.5	52.7	51.6	50.8	49.8	49.5	50.1	50.8
8	50.4	49.6	50.4	51.4	52.0	52.6	53.7	53.5	54.5	54.3	54.7	53.6	53.1	53.0	53.4	51.9	51.4	50.5	50.0	50.1	50.8
9	51.0	50.1	51.0	51.8	52.3	52.9	53.7	53.7	54.8	54.7	55.1	54.1	53.7	53.2	54.0	52.3	52.1	51.0	50.3	50.1	50.9
10	51.4	50.5	51.7	52.1	52.9	53.2	53.7	54.0	55.0	55.0	55.2	54.6	54.2	53.5	54.4	52.6	52.6	51.6	50.6	50.2	51.1
11	51.8	51.0	52.0	52.4	53.2	53.7	53.8	54.3	55.3	55.2	55.4	54.9	54.6	53.7	54.8	52.8	52.8	52.2	51.1	50.3	51.2
12	52.0	51.3	52.3	52.7	53.5	54.0	54.0	54.6	55.5	55.4	55.5	55.0	54.9	53.9	55.0	53.1	53.0	52.5	51.3	50.4	51.4
13	52.1	51.7	52.6	52.9	53.7	54.1	54.1	54.9	55.7	55.6	55.7	55.1	55.1	54.1	55.0	53.2	53.1	52.7	51.5	50.4	51.5
14	52.4	51.9	52.8	53.0	53.9	54.3	54.3	55.1	55.8	55.8	55.9	55.2	55.2	54.4	55.0	53.5	53.0	53.0	51.5	50.5	51.5
15	52.6	51.9	53.1	53.1	54.0	54.5	54.5	55.4	56.0	55.8	56.2	55.4	55.3	54.5	55.1	53.6	52.8	53.1	51.6	50.5	51.5
16	52.8	52.0	53.3	53.3	54.0	54.5	54.7	55.7	56.3	56.0	56.4	55.7	55.6	54.7	55.2	53.7	52.7	53.2	51.7	50.7	51.5
17	53.0	52.4	53.6	53.5	54.1	54.6	54.9	55.7	56.5	56.1	56.5	55.9	56.0	55.1	55.5	54.0	52.9	53.2	51.9	50.7	51.4
18	53.3	52.8	54.0	53.8	54.2	54.6	54.9	55.4	56.5	56.3	56.5	56.1	56.4	55.4	55.9	54.4	53.0	53.4	52.2	50.7	51.3
19	53.8	53.0	54.5	54.0	54.4	54.6	54.9	55.4	56.6	56.5	56.5	56.3	56.6	55.8	56.5	54.8	53.2	53.9	52.5	50.6	51.0
20	54.2	53.4	54.7	54.2	54.7	54.5	55.0	55.4	56.6	56.4	56.6	56.4	56.8	55.8	56.8	54.9	53.3	54.2	52.9	50.7	50.9
21	54.3	53.6	55.0	54.1	54.7	54.7	54.9	55.3	56.4	56.4	56.6	56.2	56.7	55.9	56.7	55.0	53.4	54.3	53.0	51.0	50.9
22	54.0	53.6	54.9	54.0	54.6	54.7	54.6	55.3	56.2	56.5	56.5	55.8	56.4	55.9	56.0	54.6	53.5	53.5	52.6	51.0	50.6
23	52.5	52.9	53.2	53.4	53.5	53.5	53.4	55.0	55.1	55.3	55.4	54.6	55.0	54.4	54.7	53.8	52.6	52.6	51.3	51.0	50.3

Mittlere Ortszeit	März 1891																				
	Februar 1891																				
	25.	26.	27.	28.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
0 <sup>h</sup>	49.4	48.3	49.3	49.2	47.4	47.7	45.4	44.6	43.8	44.8	45.2	44.9	43.7	42.5	43.6	43.0	45.9	44.6	45.0	44.0	45.0
1	50.1	47.0	49.1	48.2	46.8	47.2	45.0	44.8	43.5	44.5	44.6	44.4	43.2	42.8	43.2	42.9	45.0	43.7	44.8	43.9	44.2
2	49.6	46.5	49.0	47.6	46.4	47.2	44.8	44.9	43.3	44.6	44.4	44.2	43.0	42.9	42.9	43.4	45.0	44.2	44.6	44.2	44.0
3	49.7	46.2	49.1	47.3	46.4	47.2	44.7	45.2	44.2	44.7	44.1	43.9	42.8	42.8	43.1	43.6	44.1	44.6	45.2	44.1	43.9
4	49.8	46.2	49.2	47.1	46.7	47.4	44.7	45.4	44.7	44.9	43.9	43.4	42.5	43.0	43.3	43.7	43.5	44.0	45.7	44.1	43.7
5	49.8	46.9	49.3	46.8	47.2	47.8	44.7	45.2	45.3	43.6	43.6	42.9	42.1	43.2	43.5	43.6	43.2	43.9	46.1	43.9	44.0
6	49.8	47.3	49.7	47.5	47.8	48.1	45.3	45.4	45.9	45.7	44.1	43.4	42.5	43.4	43.8	43.9	43.8	44.6	46.4	44.6	44.4
7	49.6	47.8	49.8	48.2	48.3	48.3	46.0	45.7	46.3	46.0	44.8	44.0	43.1	43.6	44.1	44.4	44.1	45.0	46.7	45.3	44.9
8	49.6	48.2	49.9	49.0	48.8	48.6	46.5	46.0	46.7	46.3	45.5	44.8	43.7	43.8	44.3	45.0	44.4	45.4	46.8	45.9	45.2
9	49.8	48.4	50.0	49.5	49.2	48.7	46.7	46.2	47.0	46.5	46.2	45.3	44.2	44.1	44.5	45.4	44.7	45.7	46.9	46.3	45.4
10	49.7	48.8	50.1	49.9	49.5	48.9	47.0	46.3	47.3	46.7	46.7	45.9	44.7	44.4	44.7	45.7	45.0	46.0	47.0	46.7	45.6
11	49.8	49.2	50.2	50.1	49.7	49.1	47.1	46.4	47.6	47.1	47.1	46.2	45.1	44.9	44.9	46.0	45.4	46.2	47.2	47.0	45.8
12	50.0	49.4	50.3	50.2	49.9	49.2	47.3	46.4	47.9	47.4	47.4	46.5	45.4	45.3	45.1	46.4	45.9	46.4	47.2	47.3	45.9
13	50.1	49.9	50.6	50.3	50.0	49.3	47.5	46.5	48.2	47.6	47.6	46.8	45.7	45.7	45.3	46.7	46.3	46.7	47.3	47.5	45.9
14	50.2	50.1	50.9	50.4	50.1	49.4	47.7	46.5	48.3	47.9	47.8	47.0	45.8	46.0	45.5	46.9	46.7	46.9	47.2	47.7	45.8
15	50.2	50.3	51.3	50.4	50.2	49.5	48.0	46.6	48.5	48.1	47.9	47.1	45.7	46.3	45.7	47.1	47.0	47.0	47.3	47.7	45.9
16	50.2	50.2	51.6	50.4	50.3	49.5	48.1	46.8	48.2	48.2	48.1	47.2	45.7	46.5	45.8	47.0	46.9	47.1	47.3	47.7	46.0
17	50.2	50.1	51.9	50.4	50.4	49.5	48.2	47.1	48.8	48.3	48.2	47.3	45.7	46.6	45.8	47.1	47.0	47.2	47.3	47.8	46.1
18	50.2	50.0	52.0	50.5	50.5	49.5	48.1	47.4	49.2	48.4	48.2	47.4	45.9	46.7	45.9	47.1	47.1	47.1	47.3	48.0	46.1
19	50.1	50.0	52.2	50.5	50.5	49.6	48.0	47.6	49.8	48.5	48.3	47.4	46.0	46.9	46.0	47.7	47.5	47.0	47.4	48.4	46.0
20	49.9	49.9	52.1	50.4	50.3	49.4	47.8	47.6	49.7	48.4	48.2	47.2	45.9	47.1	46.0	47.4	47.6	47.0	47.4	48.8	45.8
21	49.7	49.8	51.9	50.3	50.2	49.2	47.3	47.2	49.3	48.5	48.0	47.1	45.6	46.7	46.0	47.0	47.4	46.9	47.3	48.1	45.4
22	49.4	49.7	51.6	49.8	49.9	48.4	46.4	46.2	48.7	48.2	47.6	46.3	44.8	46.0	45.3	46.7	46.9	46.0	46.1	47.0	44.3
23	49.0	49.5	50.5	48.5	49.0	46.7	44.1	44.9	46.6	46.6	46.1	44.8	43.5	44.5	44.0	46.1	45.8	45.6	44.9	46.0	42.8

Mittlere Ortszeit	März 1891														April 1891						
	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	0 <sup>h</sup>	42.2	42.7	42.8	41.7	42.2	43.2	43.2	44.0	44.1	43.1	41.9	41.9	41.0	41.9	43.1	42.3	41.2	40.4	41.2	42.1
1	42.6	43.0	41.9	41.6	41.8	43.3	43.9	43.0	43.4	42.8	41.6	41.3	41.0	41.5	43.0	42.2	40.9	40.1	40.6	42.0	39.6
2	42.4	42.9	41.7	41.6	41.9	43.3	44.2	43.3	43.4	42.8	41.5	41.5	41.6	41.7	42.9	42.2	41.2	40.2	40.5	41.7	39.6
3	42.2	42.9	41.7	41.8	41.9	43.4	44.4	43.3	43.4	42.7	41.6	41.7	41.7	41.7	42.7	42.2	41.6	40.9	40.5	41.5	39.5
4	42.0	43.3	41.5	41.7	41.9	43.7	44.5	43.4	43.7	42.8	41.5	41.7	41.8	41.2	42.8	42.3	41.8	41.1	40.2	41.4	39.4
5	42.6	43.6	42.0	42.1	42.6	43.9	44.5	43.6	44.1	43.1	41.5	41.8	41.3	41.4	42.9	42.4	41.9	41.1	40.0	41.4	39.4
6	43.0	43.4	42.4	42.6	42.9	44.1	44.6	43.9	44.6	43.5	41.8	42.0	41.2	41.7	43.0	42.4	42.1	41.5	40.4	41.5	39.6
7	43.4	43.6	42.8	43.0	43.3	44.3	44.6	44.3	44.9	43.8	42.1	42.2	41.5	41.8	43.0	42.4	42.2	41.8	40.8	41.4	39.8
8	43.8	43.7	43.2	43.3	43.7	44.4	44.9	44.7	45.2	44.3	42.4	42.4	41.6	42.0	42.9	42.4	42.2	41.9	41.0	41.5	40.0
9	44.2	44.0	43.6	43.5	44.0	44.7	45.2	45.1	45.4	44.7	42.9	42.7	41.7	42.1	43.0	42.4	42.3	42.2	41.3	41.5	40.3
10	44.5	44.3	43.9	43.7	44.3	44.8	45.6	45.5	45.8	45.0	43.1	42.8	41.9	42.3	43.1	42.5	42.5	42.3	41.4	41.5	40.7
11	44.6	44.7	44.1	44.0	44.7	45.0	45.9	46.0	46.1	45.3	43.4	42.9	42.0	42.4	43.4	42.5	42.7	42.5	41.5	41.5	41.0
12	44.7	45.0	44.3	44.2	45.0	45.2	46.2	46.3	46.2	45.6	43.8	43.2	42.1	42.5	43.5	42.5	42.8	42.8	41.5	41.5	41.2
13	44.8	45.3	44.3	44.4	45.3	45.2	46.5	46.6	46.2	45.7	44.0	43.2	42.3	42.7	43.5	42.4	43.0	42.8	41.5	41.6	41.4
14	44.8	45.5	44.4	44.5	45.6	45.4	46.8	46.8	46.3	45.9	44.3	43.4	42.5	42.9	43.5	42.3	43.1	42.8	41.5	41.6	41.6
15	44.9	45.7	44.2	44.7	45.9	45.5	47.0	46.7	46.4	46.1	44.6	43.4	42.7	43.2	43.6	42.4	43.2	42.7	41.5	41.5	41.8
16	44.8	45.8	44.1	45.0	45.9	45.5	47.0	46.6	46.5	46.1	44.8	43.5	43.0	43.5	43.7	42.5	43.1	42.7	41.6	41.5	41.8
17	44.8	46.1	44.0	45.3	45.8	45.4	46.9	46.6	46.5	46.0	45.0	43.7	43.1	43.6	43.6	42.6	43.0	42.7	41.7	41.5	41.7
18	44.7	46.7	44.0	45.5	45.8	45.3	46.8	46.7	46.5	45.8	44.8	43.8	43.4	43.7	43.5	42.7	43.0	42.6	41.9	41.6	41.7
19	44.5	46.8	44.0	45.5	45.9	45.2	46.9	46.8	46.1	45.5	44.8	43.7	43.5	43.7	43.5	42.7	43.1	42.7	42.0	41.9	41.9
20	44.4	46.5	44.1	45.4	45.8	45.2	46.8	46.8	45.9	45.1	44.4	43.4	43.6	43.6	43.7	42.8	43.4	42.8	42.2	42.0	42.0
21	44.0	46.4	44.1	45.1	45.5	45.2	46.4	46.7	45.5	44.7	44.1	43.4	43.7	43.6	43.4	43.0	43.4	42.7	42.3	41.7	41.7
22	42.9	45.3	43.4	45.2	44.7	45.1	46.0	46.0	44.8	43.8	43.5	43.6	42.8	43.3	42.9	42.9	42.2	42.4	42.4	40.5	40.3
23	42.3	43.6	42.3	43.4	43.5	44.1	45.2	44.9	44.0	42.6	43.4	41.9	41.4	43.2	42.7	42.4	41.2	41.9	42.2	39.7	39.7

Mittlere Ortszeit		April 1891																			
		8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.
0 <sup>h</sup>	39.8	40.8	42.2	39.1	39.7	38.4	37.6	39.0	36.0	35.4	35.1	35.6	36.4	37.7	36.2	37.6	37.0	39.4	38.0	37.1	
1	39.8	41.0	41.8	38.9	39.3	38.2	37.6	38.0	35.8	35.8	34.8	36.0	36.0	37.5	36.5	37.9	36.4	39.1	38.0	36.6	
2	40.0	41.0	40.9	39.0	39.5	38.4	37.9	37.9	35.9	35.5	35.0	35.7	36.0	37.4	36.3	38.1	36.7	38.4	37.6	37.0	
3	40.2	41.1	41.0	39.1	39.7	38.6	38.0	37.9	36.1	35.4	35.0	35.8	36.1	37.5	36.4	38.0	37.2	38.1	37.4	36.9	
4	40.3	41.1	41.2	39.9	40.0	39.1	38.3	37.8	36.5	36.0	35.3	35.9	36.2	37.5	36.4	38.1	37.4	38.2	37.8	37.0	
5	40.3	41.0	41.4	40.3	40.3	39.4	38.7	37.9	36.9	36.1	36.0	36.1	36.4	37.6	36.9	38.2	37.7	38.2	38.3	37.4	
6	40.4	41.0	41.7	41.1	41.1	40.1	39.2	38.5	37.0	36.4	36.5	36.6	36.9	37.7	37.2	38.2	38.0	38.3	38.4	37.7	
7	40.3	41.0	41.7	41.8	41.7	40.6	39.6	38.6	37.2	36.9	36.9	37.0	37.2	37.9	37.5	38.1	38.1	38.3	38.5	37.8	
8	40.4	41.0	41.8	42.1	42.0	41.0	39.9	39.0	37.3	37.2	37.3	37.5	37.6	38.0	37.8	38.2	38.3	38.7	38.5	37.9	
9	40.4	41.1	41.9	42.5	42.2	41.2	40.1	39.4	37.4	37.5	37.8	37.9	37.8	38.1	38.1	38.3	38.4	39.1	38.5	38.0	
10	40.6	41.2	42.0	42.7	42.4	41.4	40.4	39.6	37.4	38.0	38.1	38.3	38.0	38.4	38.4	38.5	38.5	39.4	38.6	38.1	
11	40.7	41.3	42.0	42.9	42.5	41.5	40.7	39.6	37.4	38.4	38.4	38.7	38.2	38.7	38.8	38.8	38.6	39.6	38.8	38.2	
12	40.9	41.3	42.1	43.1	42.7	41.7	41.0	39.5	37.5	38.7	38.6	38.9	38.4	39.0	39.1	39.0	38.7	39.7	38.9	38.3	
13	41.0	41.4	42.2	43.2	43.0	41.9	41.3	39.5	37.5	39.0	38.9	39.1	38.6	39.2	39.4	39.1	38.9	39.8	39.0	38.5	
14	41.0	41.5	42.1	43.3	43.2	42.1	41.5	39.5	37.5	39.0	39.1	39.4	38.9	39.3	39.5	39.2	38.9	40.0	39.0	38.6	
15	41.1	41.4	42.2	43.4	43.2	42.2	41.5	39.6	37.6	39.0	39.3	39.6	39.2	39.4	39.7	39.3	39.0	40.1	38.9	38.5	
16	41.0	41.5	42.2	43.2	43.1	42.1	41.5	39.7	37.7	39.2	39.5	39.7	39.5	39.5	39.7	39.2	39.1	40.2	38.8	38.6	
17	41.0	41.5	42.3	43.1	42.9	42.2	41.4	39.9	37.8	39.4	39.7	39.9	39.7	39.7	39.6	39.1	39.1	40.2	38.7	38.7	
18	40.9	41.7	42.4	43.0	42.8	42.1	41.3	40.0	38.0	39.7	40.0	40.0	39.9	40.0	39.7	39.1	39.2	40.0	38.7	38.9	
19	40.9	41.8	42.3	43.0	42.7	42.1	41.1	40.1	38.1	40.0	40.3	40.4	40.1	40.7	39.9	39.4	39.2	39.8	38.8	39.0	
20	40.9	42.0	42.3	43.0	42.7	41.9	41.0	39.9	38.2	40.3	40.4	40.9	40.4	40.5	40.1	39.5	39.3	39.6	38.8	39.0	
21	40.9	42.1	42.2	42.7	42.0	41.4	40.8	39.3	38.2	39.8	39.8	40.4	40.0	40.0	39.3	39.4	39.5	39.4	38.7	38.1	
22	41.0	42.2	42.1	41.4	40.3	39.7	40.1	38.6	37.7	37.7	38.1	38.9	38.5	38.7	38.0	38.2	39.5	39.3	38.4	36.8	
23	40.8	42.2	40.1	40.8	39.1	38.6	39.5	36.8	36.9	36.0	36.6	37.4	38.5	37.0	38.0	37.0	39.5	39.1	37.6	37.0	



#### IV. Ueber die Einwirkung des Mondes auf das Pendel.

---

Wie bei fast allen physikalischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche, welche bisher den Gegenstand fortgesetzter Beobachtungen gebildet haben, so finden wir auch in dem Verlaufe der Oscillationen des Pendels als hervorragende Eigenthümlichkeit eine deutlich ausgesprochene tägliche Periode vor. Obwohl sofort zu erkennen ist, dass die Amplitude derselben beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist, so ist doch die Regelmässigkeit überraschend, mit der sich diese tägliche Aenderung vollzieht.

Die Amplitude der täglichen Schwankung ist in Wilhelmshaven wesentlich grösser, als in Potsdam und Orotava, wie überhaupt die Bewegungen an ersterem Orte in jeder Beziehung intensiver und mannigfaltiger sind, als an den letzteren. Ferner ist daselbst zu gewissen Zeiten besonders deutlich ein secundäres, in die Nachtstunden fallendes Maximum zu bemerken, welches sowohl durch die leicht erkennbare Periodicität seines Auftretens, wie durch seine Verschiebung auf der Curve besondere Aufmerksamkeit erregte.

Es wurde nun bald bemerkt, dass das secundäre Maximum in gewissen Phasen des Mondlaufes stärker hervortritt, in den dazwischenliegenden dagegen verschwindet. Um Klarheit darüber zu erlangen, ob man berechtigt sei, hier in der That einen Einfluss des Mondes vorauszusetzen, wurden möglichst vorurtheilsfreie Aufzeichnungen über die mehr oder minder deutliche Sichtbarkeit jenes Maximums gemacht und dieselben mit einer Tabelle der Mondculminationen (bezw. der für Wilhelmshaven vorausberechneten Hochwasserzeiten, deren Mittheilung ich Herrn Professor Boergen verdanke) verglichen. Diese Vergleichung ergab in Folge des unverkennbaren Fortrückens der secundären Welle, und da dieselbe stets, wenn eine Culmination ungefähr

mit dem Minimum der Hauptwelle zusammentraf, auf letzteres projectirt erschien, mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Abhängigkeit von der Stellung des Mondes.

Ein erster Versuch, einen numerischen Ausdruck für dieselbe zu finden, wurde mit der ersten Hälfte der Ablesungen unter der Voraussetzung gemacht, dass das betreffende Mondglied dem Hauptgliede der Gezeiten entspreche, somit zwischen zwei aufeinander folgenden Mondculminationen seine Periode zweimal durchlaufe. Dazu vereinigte ich alle Tage mit nahezu gleichen, beziehentlich um 12 Mondstunden verschiedenen Culminations- oder Hochwasserzeiten und verglich dieselben mit den Tagen, an welchen diese Epochen um 6<sup>h</sup> früher oder später eintrafen. Das unzweideutige Resultat dieser Gegenüberstellung war eine halbtägige Oscillation von 0.29 ganzer Amplitude, deren Maxima gegen die Hochwasserzeiten durchschnittlich um 1 $\frac{1}{4}$ <sup>h</sup> verfrüht eintraten.

Dieses Ergebniss veranlasste mich, eine gründlichere Untersuchung sowohl für Wilhelmshaven, als auch für die beiden anderen Orte anzustellen, obgleich daselbst die Curven nicht ohne Weiteres einen so deutlichen Anhalt für ein positives Resultat geben. Es wurden dazu, um jede Subjectivität in der Bearbeitung auszuschliessen, die vollständigen Ablesungen, wie sie sich nach Reduction auf einen gemeinsamen Nullpunkt unter Berücksichtigung der von Zeit zu Zeit erforderlichen Correctionen des letzteren ergeben haben und in den obigen Tabellen mitgetheilt sind, der Rechnung zu Grunde gelegt. Diese Zahlengrössen wurden ebenso, wie es bei den Gezeitenbeobachtungen des Meeres mit den stündlichen Wasserstandsbeobachtungen geschieht, nach der in Professor Boergens Schrift: „Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen“<sup>1)</sup> gegebenen Methode behandelt. Natürlich musste es hier vorzugsweise auf die Ermittlung des halbtägigen Hauptgliedes, welches a priori als das bei Weitem grösste angenommen werden muss, ankommen. Zur Anwendung obigen Verfahrens ist es erforderlich, gewisse Intervalle der Be-

---

<sup>1)</sup> Annalen der Hydrographie etc. XII. Jahrg. 1884. Die Methode besteht darin, dass die ursprünglich nach Sonnenzeit geordneten stündlichen Ablesungen unter Berücksichtigung des Voreilens derselben gegen Mondzeit nach letzterer in Schemata eingetragen werden. Die Mittelwerthe für jede Mondstunde geben bei Zusammenfassung eines Mondumlaufes sehr nahe die Beträge der Mondglieder und lassen sich um so genauer auf letztere reduciren, je umfangreicher die Beobachtungen sind.

obachtungen abzugrenzen, deren Länge die möglichst vollständige Eliminirung der vom Sonnenstande abhängigen periodischen Bewegungen verbürgt.

Gegenüber den Gezeitenbeobachtungen besitzen die vorliegenden Beobachtungen von Lothabweichungen den Nachtheil, dass die Oscillation, welche man ermitteln will, von vornherein als sehr klein anzusehen ist im Vergleich zu den grossen, stark veränderlichen Gliedern der täglichen Periode, deren Gesetze noch ganz unbekannt sind, und dem Gange des Nullpunktes. Da sich die Beobachtungen eines Tages sehr nahe durch eine Formel von der Gestalt

$$N_0 + \beta t + \gamma t^2 + \dots a_1 \cos t + b_1 \sin t + a_2 \cos 2t + b_2 \sin 2t + \dots \\ + \text{den gesuchten Mondgliedern}$$

darstellen lassen, so ergeben sich leicht einige Schlussfolgerungen über den Einfluss der Veränderlichkeit der Constanten dieser Formel von Tage zu Tage auf die nach Mondstunden geordneten Mittelwerthe für eine bzw. mehrere Mondperioden. Aus der Veränderlichkeit des Nullpunktes werden nämlich ebenfalls Glieder von der Form

$$\beta^1 t_{\zeta} + \gamma^1 t_{\zeta}^2 + \dots$$

entstehen, während die Glieder der täglichen Periode solche von der Form

$$a_1^1 \cos t_{\zeta} + b_1^1 \sin t_{\zeta} + a_2^1 \cos 2t_{\zeta} + \dots$$

erzeugen, wie sich aus einer einfachen Betrachtung über die Zusammensetzung der Mittelwerthe ergibt. Diese Glieder verschwinden, wenn die tägliche Periode constant und der Nullpunkt unveränderlich ist, und werden, da diese Grössen in Wahrheit veränderlich sind, aber nur um Mittelwerthe (möglicherweise in der Periode von einem Jahre) schwanken, um so kleiner werden, je grösser die Beobachtungsreihe ist, über die man verfügt.

### 1. Wilhelmshaven und Potsdam.<sup>1)</sup>

Die vorgeschriebene Länge der anzuwendenden Intervalle (Vielfache einer Mondperiode) gestattet wegen der vorhandenen nicht ausfüllbaren Lücken für den vorliegenden Zweck nicht die völlige Ausnutzung der Beobachtungen. Es liessen sich folgende Gruppen bilden:

---

<sup>1)</sup> Die Beobachtungen an diesen beiden Orten sind, dem Gange der Untersuchung entsprechend, zusammen behandelt.

Wilhelmshaven	}	I. März 21. 0 <sup>h</sup> bis April 18. 23 <sup>h</sup> ,
		II. Juni 27. 0 <sup>h</sup> „ Juli 25. 23 <sup>h</sup> ,
		III. Juli 26. 0 <sup>h</sup> „ August 24. 23 <sup>h</sup> ,
		IV. August 25. 0 <sup>h</sup> „ September 22. 23 <sup>h</sup> ,
Potsdam	}	I. April 1. 0 <sup>h</sup> „ April 29. 23 <sup>h</sup> ,
		II. April 30. 0 <sup>h</sup> „ Mai 29. 23 <sup>h</sup> ,
		III. Juli 26. 0 <sup>h</sup> „ August 23. 23 <sup>h</sup> ,
		IV. August 24. 0 <sup>h</sup> „ September 22. 23 <sup>h</sup> .

Die Gruppen II, III, IV in Wilhelmshaven, sowie I, II und III, IV in Potsdam bilden eine zusammenhängende Reihe und wurden daher sowohl einzeln, als im Ganzen bearbeitet.

### Wilhelmshaven.

Mond- Zeit	I	I	II	III	IV	II+III+IV	II+III+IV
	Beobachtet	Berechnet	Beobachtet				Berechnet
0 <sup>h</sup>	18.12	18.19	23.28	31.68	34.65	29.95	29.85
1	18.46	18.45	22.85	31.39	34.45	29.64	29.60
2	18.65	18.57	22.51	31.26	34.31	29.44	29.50
3	18.60	18.53	22.26	31.14	34.27	29.30	29.32
4	18.37	18.35	22.38	31.21	34.14	29.32	29.21
5	17.99	18.08	22.31	31.29	34.04	29.29	29.21
6	17.72	17.80	22.43	31.25	34.06	29.33	29.34
7	17.57	17.56	22.55	31.16	34.24	29.40	29.55
8	17.48	17.43	23.03	31.52	34.41	29.73	29.79
9	17.48	17.42	23.43	31.85	34.66	30.05	29.99
10	17.67	17.67	23.40	31.97	34.72	30.18	30.10
11	17.71	17.83	23.50	32.08	34.59	30.13	30.09
12	18.02	18.13	23.50	31.71	34.33	29.92	29.96
13	18.46	18.42	23.26	31.41	34.10	29.66	29.75
14	18.65	18.64	22.94	31.24	33.92	29.44	29.51
15	18.82	18.75	22.81	31.11	33.94	29.36	29.32
16	18.86	18.76	22.63	31.12	33.86	29.28	29.23
17	18.62	18.69	22.62	31.26	33.80	29.30	29.27
18	18.48	18.59	22.74	31.45	33.91	29.44	29.44
19	18.55	18.52	23.01	31.51	34.15	29.63	29.68
20	18.59	18.51	23.32	31.79	34.53	29.95	29.94
21	18.59	18.57	23.36	32.14	34.69	30.14	30.14
22	18.71	18.70	23.23	32.35	34.99	30.25	30.21
23	18.84	18.86	23.00	32.28	34.94	30.16	30.14

## Potsdam.

Mond- Zeit	I	II	I+II	I+II	III	IV	III+IV	III+IV
	Beobachtet			Berechnet	Beobachtet			Berechnet
0 <sup>h</sup>	59.16	81.77	70.66	70.65	18.33	29.81	24.17	24.14
1	59.24	81.72	70.67	70.66	18.36	29.89	24.23	24.25
2	59.30	81.61	70.65	70.66	18.43	29.96	24.30	24.31
3	59.31	81.60	70.65	70.64	18.43	30.05	24.34	24.35
4	59.31	81.53	70.61	70.61	18.43	30.10	24.36	24.36
5	59.34	81.46	70.59	70.58	18.44	30.11	24.37	24.37
6	59.39	81.37	70.59	70.57	18.43	30.17	24.40	24.40
7	59.45	81.25	70.54	70.57	18.43	30.27	24.45	24.44
8	59.62	81.21	70.60	70.60	18.48	30.33	24.51	24.51
9	59.75	81.16	70.64	70.65	18.57	30.40	24.59	24.59
10	59.82	81.27	70.73	70.72	18.65	30.48	24.67	24.68
11	59.93	81.33	70.82	70.81	18.74	30.56	24.75	24.76
12	60.09	81.40	70.93	70.90	18.76	30.63	24.80	24.81
13	60.23	81.39	70.99	70.99	18.80	30.67	24.84	24.84
14	60.37	81.35	71.05	71.07	18.82	30.64	24.83	24.84
15	60.55	81.32	71.12	71.13	18.84	30.59	24.82	24.80
16	60.70	81.31	71.18	71.19	18.80	30.52	24.77	24.76
17	60.87	81.26	71.25	71.23	18.77	30.46	24.71	24.71
18	61.04	81.18	71.29	71.26	18.73	30.37	24.65	24.66
19	61.15	81.11	71.31	71.29	18.70	30.33	24.62	24.63
20	61.29	80.97	71.31	71.31	18.71	30.31	24.61	24.62
21	61.40	80.90	71.32	71.33	18.72	30.30	24.61	24.62
22	61.50	80.83	71.33	71.34	18.77	30.29	24.63	24.61
23	61.55	80.84	71.36	71.33	18.79	30.27	24.61	24.59

Die innerhalb vorstehender Grenzen liegenden Ablesungen wurden nun nach der zu Grunde gelegten Methode in Schemata eingetragen, aus welchen sich durch Bildung der Mittelwerthe für jede Mondstunde die in den vorstehenden Tabellen unter „Beobachtet“ eingetragenen Zahlen ergeben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass für jede zusammenhängende Beobachtungsreihe die Mondstunde 0<sup>h</sup> mit 0<sup>h</sup> M. Sonnenzeit des Anfangstages zusammenfällt, also für

Wilhelmshaven I mit März 21. 0<sup>h</sup>,  
 II, III, IV „ Juni 27. 0<sup>h</sup>,  
 Potsdam I, II „ April 1. 0<sup>h</sup>,  
 III, IV „ Juli 26. 0<sup>h</sup>.

Was die Genauigkeit der in den Tabellen enthaltenen Zahlen betrifft, so ergibt sich der wahrscheinliche Fehler derselben, wenn ich als äusserste Annahme den wahrscheinlichen Fehler einer Ablesung = 0.5 mm oder 0.1 Scalentheil setze, bei einer Länge des Intervalls von

$$\begin{aligned} 1 \text{ Mondperiode} &= \pm 0.018, \\ 2 \text{ Mondperioden} &= \pm 0.013, \\ 3 \quad \quad \quad \text{,,} &= \pm 0.011. \end{aligned}$$

Aus den Zahlen der Tabellen ist zu ersehen, dass die Bewegung des Nullpunktes schon innerhalb der einzelnen Gruppen einigermaassen eliminirt ist. Dennoch ist klar, dass man zu ganz entstellten Resultaten gelangen würde, wenn man ohne Rücksicht auf den noch vorhandenen Gang, die Coefficienten der periodischen Glieder berechnen wollte. Ich habe daher, wenn man die Differenzen der Zahlen von dem arithmetischen Mittel der zugehörigen Columne  $f_r$  nennt, gesetzt:

$$f_r = \alpha + \beta (t_r - T) + \gamma (t_r - T)^2 + a_1 \cos t_r + b_1 \sin t_r + a_2 \cos 2t_r + b_2 \sin 2t_r,$$

wo  $r$  successive = 0, 1, 2 ... 23 und  $T = \frac{23^h}{2}$  zu setzen ist und die für jede Gruppe sich ergebenden 24 Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate aufgelöst. Hierbei ergeben sich für  $\beta$  und  $\gamma$  meist beträchtliche Werthe, wie nach dem Anblick der Zahlen zu erwarten war, und die Coefficienten  $a_1 b_1 a_2 b_2$  weichen von den auf gewöhnlichem Wege berechneten so sehr ab, dass der Charakter der Periode ganz verändert wird.

Zur Controle wurden die stündlichen Werthe aus den erhaltenen Resultaten zurückberechnet und mit den Beobachtungen in so guter Uebereinstimmung gefunden, als es besonders für Wilhelmshaven bei den grossen Unregelmässigkeiten der dortigen Curven erwartet werden kann. Diese berechneten Werthe sind ebenfalls in den Zahlentabellen unter der Bezeichnung „Berechnet“ enthalten.

Von den gefundenen Zahlenwerthen interessiren in erster Linie die Coefficienten  $a_2 b_2$  bzw. die durch Vereinigung der beiden Glieder sich ergebenden Grössen  $m_2$  und  $M_2$  <sup>1)</sup>. Für  $a_1 b_1$  werden zwar auch beträchtliche

---

<sup>1)</sup> Es ist  $a_2 = m_2 \cos M_2$ ,  $-b_2 = m_2 \sin M_2$  gesetzt.

Werthe erhalten, doch dürften diese auf die Schwankungen der Amplitude der täglichen Bewegung zurückzuführen sein, welche jedenfalls auch die Bestimmung der  $a_2$   $b_2$  etwas beeinflussen.

Indem wir nun die Ergebnisse für Wilhelmshaven und Potsdam trennen, erhalten wir zunächst für ersteren Ort:

Periode	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$m_2$	$M_2$
I	+ 0.554	— 0.195	+ 0.164	+ 0.424	+ 0.454	291.0
II	+ 0.017	— 0.339	+ 0.347	— 0.453	+ 0.571	52.5
III	+ 0.327	+ 0.079	+ 0.326	— 0.334	+ 0.467	45.7
IV	+ 0.157	+ 0.170	+ 0.265	— 0.285	+ 0.389	47.1
II—IV	+ 0.280	— 0.036	+ 0.347	— 0.368	+ 0.506	46.7.

In diesen Zahlen ist ohne Weiteres die gute Uebereinstimmung in den  $m_2$  und  $M_2$  zu erkennen. Um auch die Periode I vergleichbar zu machen, ist der Anfangspunkt der Zählung von  $t$  auf die Culmination zu verlegen, d. h. die Grösse zu bestimmen, welche in der Gezeitentheorie als „Verspätung der Tide“ bezeichnet wird.

In dem Ausdruck  $m_2 \cos (M_2 + 2t)$  ist  $t$  auf den Greenwicher Meridian bezogen. Da die Längendifferenz 32.6 beträgt, ist die zur Reduction auf Ortszeit erforderliche Correction für  $M_2 - 15.7$ . Bezeichnet  $k$  eine Grösse, welche sich aus der Gleichung  $k = V_0 + u - M_2$ , wo  $V_0 + u$  eine astronomische, aus den Tafeln des angeführten Werkes zu entnehmende Grösse ist, ergibt, so wird das Argument des Cosinus  $k - 2t$  und  $t = \frac{k}{2}$  die „Verspätung der Tide“.

Nun ist

1889 März 21.	0 <sup>h</sup> M. Zt. W.	$V_0 + u = 246.1$
Juni 27.	0 <sup>h</sup> „ „ „	$V_0 + u = 16.7$ ,

woraus sich ergibt:

Periode	$k$	$\frac{k}{2}$
I	330.7	11 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup>
II	339.9	11 20
III	346.7	11 34
IV	345.3	11 31
II—IV	345.7	11 31.

An der Realität der Erscheinung ist angesichts dieser Resultate nicht mehr zu zweifeln, und der Betrag von  $\frac{k}{2}$  bestimmt sich mit grosser Sicherheit. In Winkelwerth übertragen, ergibt das Resultat der drei letzten Perioden als Formel für das halbtägige Glied:

$$(I) \quad + 0.142 \cos (345.7^\circ - 2t),$$

giltig für die Monate Juli bis September 1889. Es darf angenommen werden, dass in dieser Formel der Einfluss der veränderlichen Elemente der Pendelbewegung ziemlich eliminirt ist. Werden nämlich in der Tabelle für Wilhelmshaven die Zahlen der mit II + III + IV überschriebenen Columne ohne Einführung der  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  in der gewöhnlichen Weise behandelt, so erhält man für die halbtägige Welle

$$+ 0.454 \cos (341.0^\circ - 2t),$$

in der die Verspätung  $11^h 22^m$  beträgt, und die Coefficienten  $a_1$ ,  $b_1$  nehmen verschwindende Werthe an. Letztere Formel stimmt, wie man sieht, sehr nahe mit der früheren überein, und es ergibt sich, dass die östlichen Elongationen des Pendels ungefähr eine halbe Stunde vor jeder Monculmination eintreten.<sup>1)</sup> Auf diese Bestimmung der Phase ist für das Folgende Gewicht zu legen.

Da bei unseren Rechnungen die directe Anziehung des Mondes bisher nicht berücksichtigt wurde, so hat das nunmehr zu geschehen. Der Ausdruck für die Ablenkung im ersten Vertical ist unter Benutzung üblicher Bezeichnungen

$$\begin{aligned} & - 0.0174 \sin 2z \sin a \\ = & + 0.0174 \sin \varphi \sin 2\delta \cos (90^\circ + t) + 0.0174 \cos \varphi \cos^2 \delta \cos (90^\circ + 2t). \end{aligned}$$

Die mittlere Breite der Beobachtungsorte ist  $53^\circ$  und mit dieser können die Coefficienten höchstens die Werthe von

$$+ 0.0116 \quad \text{und} \quad + 0.0105$$

<sup>1)</sup> Boergen: „Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen“ giebt für Helgoland und die halbtägige Mondtide (Jahrgang 1882)  $k = 332.9$ , sonach die Verspätung der Tide  $= 11^h 6^m$ . Nach dem Naut. Jahrbuche für 1890 tritt das Hochwasser in Wilhelmshaven  $1^h 20^m$  später ein, als in Helgoland. Aus der Verbindung dieser Daten ergibt sich, dass nach unseren Ergebnissen die östlichen Elongationen des Pendels in Wilhelmshaven ca. 1 Stunde vor dem Eintritt des Hochwassers stattfinden.



erlangen. Nimmt man Rücksicht auf die Veränderung der Declination des Mondes während eines Umlaufes, so erhält das zweite Glied den Näherungswerth:

$$+ 0.01 \cos (90^\circ + 2 t)$$

und man sieht, dass die Subtraction desselben von (I) letzteres Glied nur unwesentlich verändert, es wird nämlich

$$(I') \quad + 0.145 \cos (341.8^\circ - 2 t).$$

Wenden wir uns nun zu den Potsdamer Beobachtungen, so ist in derselben Anordnung wie oben

Periode	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$m_2$	$M_2$
I	+ 0.099	− 0.191	+ 0.001	− 0.015	+ 0.015	86.2
II	+ 0.202	− 0.184	+ 0.084	+ 0.070	+ 0.109	320.2
III	− 0.178	− 0.018	+ 0.029	+ 0.058	+ 0.065	296.5
IV	+ 0.066	+ 0.016	+ 0.110	+ 0.040	+ 0.117	340.0
I—II	+ 0.131	− 0.183	+ 0.035	+ 0.031	+ 0.047	318.5
III—IV	+ 0.052	− 0.032	+ 0.093	+ 0.036	+ 0.100	338.8.

Um diese Resultate mit denen für Wilhelmshaven zu vergleichen, sind die Zeichen umzukehren bzw. die Winkel  $M_2$  um  $180^\circ$  zu vermehren. Wegen der durch die Kleinheit der Coefficienten bedingten Unsicherheit beschränken wir uns auf die Betrachtung der beiden letzten Zahlenreihen, für welche sich Folgendes ergibt:

$$\begin{aligned} \text{I+II Epoche April 1 } 0^{\text{h}} \text{ M. Zt. P. } V_0 + u &= 339.2, \quad k = 225.8, \quad \frac{k}{2} = 7^{\text{h}} 32^{\text{m}} \\ \text{III+IV } \text{ „ } \text{ Juli 26 } 0^{\text{h}} \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } V_0 + u &= 30.5, \quad k = 256.8, \quad \frac{k}{2} = 8^{\text{h}} 34^{\text{m}}. \end{aligned}$$

In Winkelmaass übertragen ist hiernach das halbtägige Glied (Reductionsconstante für I und II  $0.192$ , für III und IV  $0.209$ )

$$\text{I—II} \quad + 0.0090 \cos (225.8^\circ - 2 t)$$

oder im Mittel

$$\text{III—IV} \quad + 0.0209 \cos (256.8^\circ - 2 t),$$

$$(II) \quad + 0.0142 \cos (247.5^\circ - 2 t).$$

Dieses Glied ist zwar sehr klein, die Rechnungsergebnisse stimmen aber mit Ausnahme der I. Periode, in welcher eine sehr starke Nullpunktsbewegung

vorhanden war, gut überein. Wenn wir diesen Gang bei den Beobachtungen auf einfacherem Wege dadurch eliminiren, dass wir nach dem Gange der Zahlen in der Tabelle pag. 91 die Werthe für die Mondstunde  $24^h$  extrapoliren und mit den Werthen für  $0^h$  vergleichen und ferner das quadratische Glied vernachlässigen, so ergibt die Rechnung folgende Ausdrücke für  $m_2 \cos(M_2 + 2t)$

$$\begin{array}{ll} \text{für die I. Periode} & + 0.0033 \cos(373^0 + 2t) \\ \text{„ „ II. „} & + 0.0175 \text{ „ } (287 + 2t) \\ \text{„ „ III. „} & + 0.0150 \text{ „ } (314 + 2t) \\ \text{„ „ IV. „} & + 0.0167 \text{ „ } (306 + 2t) \end{array}$$

und die Uebereinstimmung ist hier fast noch besser als oben.

## 2. Puerto Orotava.

Bei der Bearbeitung der Beobachtungen in Orotava habe ich das quadratische Glied fortgelassen, ohnehin bleibt eine grosse Abhängigkeit der periodischen Glieder von der der Zeit proportionalen Bewegung des Nullpunktes übrig. Denn bezeichnen  $f_n$  die Abweichungen der stündlichen Werthe in der Tabelle von dem Mittelwerthe der 24 Stunden und sind

$$V_1 = \frac{1}{12} \sum f_n \cos nt, \quad V_2 = \frac{1}{12} \sum f_n \sin nt, \quad V_3 = \frac{1}{12} \sum f_n \cos 2nt, \quad V_4 = \frac{1}{12} \sum f_n \sin 2nt, \\ V_0 = \frac{1}{12} \sum f_n \left( nt - \frac{23}{2} \right),$$

ferner

$$\log B_1 = 1.3466$$

$$\log c_1 = 0.8806$$

$$\log c_2 = 0.5719,$$

so ist

$$B_1 \cdot \beta = V_0 + V_1 + V_2 c_1 + V_3 + V_4 c_2$$

$$a_1 = V_1 + \beta$$

$$b_1 = V_2 + \beta c_1$$

$$a_2 = V_3 + \beta$$

$$b_2 = V_4 + \beta c_2.$$

Die Beobachtungen in Teneriffa reichen von December 26 bis April 27, umfassen also vier Mondperioden. Die Mondstunde  $0^h$  ist auf  $0^h$  M. Ortszeit 1890 December 26, gelegt. Da 114 Mondtage gleich 118 Sonnentagen (weniger 0.10) sind, so sind die Beobachtungen bis April 24  $23^h$  benutzt.

Monatsmittel zur Berechnung der Mondwelle (Teneriffa).

o Zt.	I. Monat	Ber.	II. Monat	Ber.	III. Monat	Ber.	IV. Monat	Ber.	I. u. II. Monat	Ber.	III. u. IV. Monat	Ber.	I. — IV. Mon.	Ber.
0 <sup>h</sup>	36.42	-54	51.42	-21	46.63	+16	41.37	+28	44.05	-38	44.05	+22	44.05	-8
1	36.50	-46	51.49	-14	46.64	+17	41.20	+11	44.13	-30	43.97	+14	44.05	-8
2	36.57	-39	51.50	-13	46.65	+18	41.03	6	44.17	-26	43.98	+6	44.03	-10
3	36.73	-23	51.39	-24	46.64	+17	40.92	-17	44.19	-24	43.83	0	44.01	-12
4	36.80	-16	51.40	-23	46.63	+16	40.90	-19	44.23	-20	43.81	-2	44.02	-11
5	36.87	-9	51.41	-22	46.65	+18	40.74	-35	44.27	-16	43.75	-8	44.01	-12
6	36.93	-3	51.44	-19	46.64	+17	40.70	-39	44.31	-12	43.72	-11	44.02	-11
7	36.95	-1	51.41	-22	46.63	+16	40.64	-45	44.31	-12	43.69	-14	44.00	-13
8	37.00	+4	51.48	-15	46.59	+12	40.70	-39	44.35	-8	43.70	-13	44.03	-10
9	36.98	+2	51.56	-7	46.60	+13	40.77	-32	44.40	-3	43.74	-9	44.07	-6
10	37.00	+4	51.61	-2	46.57	+10	40.82	-27	44.43	0	43.75	-8	44.09	-4
11	37.04	+8	51.73	+10	46.62	+15	40.91	-18	44.51	+8	43.82	-1	44.17	+4
12	37.06	+10	51.90	+27	46.58	+11	41.09	0	44.61	+18	43.88	+5	44.25	+12
13	37.06	+10	52.03	+40	46.50	+3	41.23	+14	44.68	+25	43.91	+8	44.29	+16
14	37.14	+18	52.00	+37	46.40	-7	41.32	+23	44.70	+27	43.90	+7	44.30	+17
15	37.22	+26	51.98	+35	46.36	-11	41.36	+27	44.73	+30	43.90	+7	44.32	+16
16	37.25	+29	51.88	+25	46.27	-20	41.35	+26	44.69	+26	43.85	+2	44.27	+13
17	37.20	+24	51.83	+20	46.22	-25	41.33	+27	44.64	+21	43.82	-1	44.23	+8
18	37.05	+9	51.75	+12	46.11	-36	41.36	+27	44.53	+10	43.78	-5	44.15	+2
19	36.97	+1	51.61	-2	46.13	-34	41.35	+26	44.42	-1	43.78	-5	44.10	-3
20	37.00	+4	51.53	-10	46.21	-26	41.29	+20	44.39	-4	43.79	-4	44.09	-4
21	37.05	+9	51.55	-8	46.29	-18	41.26	+17	44.43	0	43.82	-1	44.13	0
22	37.15	+19	51.61	-2	46.36	-11	41.29	+20	44.51	+8	43.87	+4	44.19	+6
23	37.20	+24	51.58	-5	46.46	-1	41.30	+21	44.51	+8	43.92	+9	44.22	+8
Mittel	36.96		51.63		46.47		41.09		44.43		43.83		44.13	

In der Tabelle auf Seite 97 sind die resultirenden Mittelwerthe für die einzelnen Mondstunden eingetragen, sowohl für jede einzelne Mondperiode, als auch für je zwei und zuletzt alle vier zusammengefasst. Daneben finden sich in Einheiten von 0.01 die Werthe  $f_n$ , neben welche zur Vergleichung die aus den ermittelten Coefficienten berechneten gesetzt sind. Letztere enthalten die Glieder

$$\beta t + m_1 \cos (t - M_1) + m_2 \cos (2t - M_2)$$

indem

$$\begin{aligned} a_1 &= m_1 \cos M_1 & a_2 &= m_2 \cos M_2 \\ b_1 &= m_1 \sin M_1 & b_2 &= m_2 \sin M_2 \end{aligned}$$

gesetzt ist. In derselben Einheit ergeben sich folgende Coefficienten:

Periode	$\beta$	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$m_1$	$M_1$	$m_2$	$M_2$
I	+ 3.9	- 12.9	+ 14.6	- 2.5	+ 8.8	+ 19.5	311.4	+ 9.07	285.8
II	+ 0.9	- 18.3	- 11.3	+ 7.9	+ 11.3	+ 21.5	31.6	+ 13.80	234.8
III	- 0.3	- 0.2	+ 21.2	+ 9.1	+ 2.1	+ 21.2	270.4	+ 9.30	193.2
IV	- 0.4	+ 7.2	- 37.0	+ 7.9	+ 5.5	+ 37.7	101.0	+ 9.58	214.9
I—II	+ 2.4	- 17.8	+ 2.6	+ 3.0	+ 15.6	+ 17.9	351.8	+ 10.97	254.4
III—IV	- 0.4	+ 3.4	- 7.4	+ 8.5	+ 3.4	+ 8.2	114.7	+ 9.17	201.5
I—IV	+ 1.0	- 6.0	- 2.8	+ 5.8	+ 6.7	+ 6.6	24.7	+ 8.87	229.3

Mit Rücksicht auf die frühere Festsetzung, nach welcher östliche Ablenkungen als positiv betrachtet werden sollen, sind hier die Winkel  $M_1$  und  $M_2$  bereits um  $180^\circ$  vermehrt. Reduciren wir noch die erhaltenen Phasen  $M_2$ , welche sich auf 0<sup>h</sup> M. O.-Zt. 1890 December 26 beziehen, auf die obere Culmination des Mondes, so finden wir hierfür aus den Tabellen den Winkel  $V_0 + u = 359.2$  und für die Periode I—IV  $k = V_0 + u + M_2 = 228.5$ .

Aus obigen Zahlen ist ersichtlich, dass sowohl die  $\beta$ , als die  $a_1$   $b_1$  sehr veränderliche Werthe annehmen, welche um so kleiner werden, je mehr Mondumläufe man zusammenfasst. Dagegen zeigen die Coefficienten  $m_2$ , wie auch die Phasenwinkel  $M_2$ , eine weit bessere Uebereinstimmung, woraus mit einiger Wahrscheinlichkeit zu entnehmen ist, dass bei ausgedehnterem Beobachtungsmaterial dieses Glied schliesslich als einzige reelle Periodicität übrig bleiben würde.

Durch Substitution der gefundenen Coefficienten habe ich noch die wahrscheinlichen Fehler einer Beobachtung, sowie diejenigen der Coefficienten

ermittelt. Ist  $r$  der Unterschied Beob.-Rechn., wie er sich aus der Tabelle ergibt, und

$$r_0 = [9.8879] \sqrt{\frac{[rr]}{19}},$$

so sind

$$\begin{aligned} r(a_1) &= [9.5245] r_0 & r(a_2) &= [9.5245] r_0 \\ r(b_1) &= [0.1190] r_0 & r(b_2) &= [9.8414] r_0. \end{aligned}$$

Hieraus sind leicht die w. F. von  $m_2$  und  $M_2$  zu ermitteln.

Ich finde nun, dass aus den vier Reihen, welche je einen Monat umfassen, sich der w. F. einer Beobachtung =  $\pm 3.02$  (in Einheiten von  $0.01^p$ ) ergibt, ferner

$$\begin{aligned} \text{für 2 Monate} &\pm 2.30 \\ \text{„ 4 „} &\pm 1.82. \end{aligned}$$

Dem gegenüber fand ich früher, indem der wahrscheinliche Fehler einer Curvenablesung =  $0.1^p$  (=  $\frac{1}{2}$  mm) gesetzt wurde, die kleineren Werthe

$$\begin{aligned} \text{für 1 Monat} &\pm 1.83 \\ \text{„ 2 Monate} &\pm 1.32 \\ \text{„ 4 „} &\pm 0.94. \end{aligned}$$

Diese dürften der Wahrheit näher kommen und die Unsicherheit der Tabellenwerthe besser charakterisiren, indem bei der Ausgleichung durch die Rechnung weder das quadratische Glied, noch das periodische Glied dritter Ordnung berücksichtigt wurden. Bleiben wir aber bei den grösseren wahrscheinlichen Fehlern stehen, so ergeben sich für die Coefficienten der letzten Reihe (alle Beobachtungen):

$$\begin{aligned} a_1 &- 6.0 \pm 0.61 \\ b_1 &- 2.8 \pm 2.39 \\ a_2 &+ 5.8 \pm 0.61 \\ b_2 &+ 6.7 \pm 1.26 \\ \beta &+ 1.0 \pm 0.31. \end{aligned}$$

Hieraus folgt dann  $m_2 = +8.87 \pm 1.04$  ( $\pm 0.00152''$ ) und die Grenzen für  $M_2$  werden  $236.9^0$  und  $220.3^0$ . Es ist somit  $m_2$  etwa neunmal so gross, als sein wahrscheinlicher Fehler.

Uebertragen wir nun den Coefficienten in Winkelwerth, so wird die halbtägige Welle

$$+ 0.0128 \cos(2t - 228.5^0).$$

In naher Uebereinstimmung hiermit hatte ich für Potsdam gefunden

$$+ 0.0142 \cos (2t - 247.5^\circ).$$

Die mittlere Attraction des Mondes für eine längere Periode berechnet sich, indem das von  $t$  abhängige Glied verschwindet, aus der Formel

$$- 0.0174 \cos \varphi \left\{ \frac{1}{2} + \frac{\sin 2J}{4J} \right\} \cos (2t - 90^\circ),$$

wo  $J$  die mittlere Neigung der Mondbahn gegen den Aequator für diese Periode ist<sup>1)</sup>. Hiermit finden wir

$$\text{für Teneriffa } (\varphi = 28.5^\circ) \quad + 0.0142 \cos (2t - 270^\circ),$$

$$\text{,, Potsdam } (\varphi = 52.5^\circ) \quad + 0.0099 \cos (2t - 270^\circ).$$

Werden diese Werthe von den obigen abgezogen, so erhalten wir für die übrig bleibende Mondwelle

$$\text{in Teneriffa } + 0.00965 \cos (2t - 151.5^\circ),$$

$$\text{,, Potsdam } + 0.00614 \cos (2t - 210.7^\circ).$$

Ersterer Coefficient beträgt immer noch das Sechs- bis Siebenfache des wahrscheinlichen Fehlers.

In Fig. 7 sind einige der vorstehenden Resultate graphisch dargestellt, und zwar sind für Teneriffa die Curven für die einzelnen Monate, für Potsdam dieselben für je zwei Monate eingetragen. Die Doppellinien stellen das halbtägige Glied der Mondablenkung dar. Die Resultate, die sich für Wilhelmshaven ergeben, habe ich nicht hinzugezogen, denn dort ist offenbar ein anderer Einfluss vorhanden, welcher ein ebensolches und zwar so beträchtliches Glied erzeugt, dass die minimalen Schwankungen, um die es sich handelt, vollständig verdeckt werden. Jenes von den letzteren zu trennen erscheint aber unmöglich. Nach den anderweitigen merkwürdigen Ergebnissen, welche die Vergleichung des Barometerstandes mit den Pendelbeobachtungen zur Folge gehabt hat, kann man voraussetzen, dass die Anhäufung der Wassermassen in der Jahde zur Zeit der Fluth eine starke Depression der Küste zur Folge hat, die den theoretischen Betrag weit übertragt. Nach der

<sup>1)</sup> Für die in der Richtung des Meridians gelegene Componente der Attraction findet man ähnlich  $+ 0.0174 \frac{\sin 2\varphi}{2} \left\{ \frac{1}{2} + \frac{\sin 2J}{4J} \right\} \cos 2t$ , in einer Breite von  $45^\circ$  kann daher die diesem Gliede entsprechende stärkste Ablenkung der Lothlinie nur etwa  $0.008$  betragen.

gewöhnlichen Erfahrung kann man weiter annehmen, dass, da es sich bei der sandigen Beschaffenheit des ganzen umgebenden Terrains um einen Körper von sehr unvollkommener Elasticität handelt, die Maximaldepression der Küste erst einige Zeit nach dem Eintritt des Hochwassers stattfindet. Dagegen er giebt die Rechnung, dass die östlichen Ablenkungen des Pendels 1<sup>h</sup> vor Hochwasser im Durchschnitt ihren grössten Betrag erhalten. Um zu diesem Resultate zu führen, müsste zu dem wahrscheinlich vorhandenen, vom Druck der Wassermassen herrührenden halbtägigen Gliede ein anderes von nicht kleinem Coefficienten und erheblicher Phasendifferenz hinzutreten. Es genüge, auf dieses Erforderniss zur Erklärung der relativ grossen und sowohl in Beziehung auf ihren Coefficienten als ihre Phase sicher ermittelten Mondwelle in Wilhelmshaven hinzuweisen<sup>1)</sup>.

Im Uebrigen könnte man sich nun mit dem Hinweise begnügen, dass die Beobachtungen sowohl in Potsdam, wie in Teneriffa sehr nahe die praktische Bestätigung einer theoretischen Forderung des Gravitationsgesetzes ergeben. Bekanntlich war es die Hoffnung auf diesen Erfolg, welcher Zöllner wie andere Beobachter — ich erinnere an die Untersuchungen G. H. Darwin's — zur Anstellung ihrer Beobachtungen veranlassten, indem diese Beobachter zunächst wohl erwarteten, die unter dem Einflusse des Mondes stattfindenden Bewegungen direct wahrnehmen zu können. Wie sich herausgestellt hat, ist dies ebensowenig möglich, als es denkbar ist, die Parallaxe eines Fixsternes ohne Kenntniss von Refraction, Aberration und Nutation ermitteln zu wollen. Neben der gesuchten Erscheinung, welche ein Postulat des Gravitationsgesetzes ist, bestehen so viele andere von anscheinend meist unregelmässigem Charakter und unbekannter Ursache, dass sie die erstere vollkommen

---

<sup>1)</sup> Einer Mittheilung von Herrn Dr. Eschenhagen zu Folge ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Wasserstände in ziemlich beträchtlicher Entfernung vom Observatorium gemessen werden und dass selbst an nicht sehr weit von einander entfernten Punkten merkliche Unterschiede in den Hochwasserzeiten vorhanden sind. Das Observatorium liegt aber dem Ausgange des Jahdebusens näher, als die Stelle, wo die Wasserstände gemessen werden, dürfte mithin etwas früher vom Hochwasser erreicht werden. Ein directer oder indirecter Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen ist wohl mit Sicherheit anzunehmen, doch führen die Berechnungen G. H. Darwin's über Depressionen der Küsten zu viel kleineren Werthen, als die Beobachtungen sie hier ergeben.

verdecken. Nichtsdestoweniger muss sie bei sorgfältiger Untersuchung bei einer ausreichend langen Beobachtungsreihe zu Tage treten.

Dass dies in der That der Fall ist, scheinen mir die vorliegenden Beobachtungen zu ergeben. Aber ich möchte weiter gehen und es zum mindesten als einigermaassen wahrscheinlich hinstellen, dass die auf völlig unabhängige Weise aus den Beobachtungen resultirenden Mondglieder ausser dem durch das Gravitationsgesetz geforderten Gliede der täglichen Ablenkung einen zweiten reellen Theil enthalten. Hierauf deutet besonders die Phasendifferenz in den Ausdrücken, die wir für Teneriffa erhielten, und die Grösse der Coefficienten in den übrig bleibenden Gliedern. So klein dieselben sind, so dürfen wir doch bei den Beobachtungen mit dem Horizontalpendel mit Grössen rechnen, die sich sonst jeder Wahrnehmung entziehen und die Grösse des wahrscheinlichen Fehlers, wie ich ihn für die Beobachtungen in Teneriffa ermittelt habe, beweist, dass, wenn auch der absolute Betrag des restirenden Gliedes unsicher bleibt, dasselbe doch ziemlich sicher verbürgt ist.

Zöllner hat bei Gelegenheit seines Berichtes über das Horizontalpendel die etwas weitgehende Erwartung ausgesprochen, dass es möglich sein werde, durch genaue Beobachtung der Phasen der Mondablenkung die Frage zu entscheiden, ob die Fortpflanzung der Gravitation eine zeitliche sei. Schon G. H. Darwin hat darauf hingewiesen, dass eine Phasendifferenz zwischen der beobachteten und theoretischen Mondablenkung eher zu der Annahme körperlicher Gezeiten des Erdkörpers führen werde. Obwohl es feststeht, dass solche Gezeiten wegen der Höhe der Meeresgezeiten nur sehr klein sein können, so bildet ihre Existenz doch noch eine offene Frage, um so mehr, als trotz der weitgehenden Beweisführungen G. H. Darwin's über die Starrheit des Erdkörpers die Anschauungen über diesen Punkt noch weit auseinandergehen.

Darwin hat in seinem mehrfach citirten Berichte<sup>1)</sup> gefunden, dass die elastischen Depressionen der Erdoberfläche in Folge der Massenverschiebungen in der Atmosphäre und Hydrosphäre Niveauveränderungen von derselben Ordnung wie die durch den Mond verursachten Lothstörungen erzeugen. Er

---

<sup>1)</sup> Siehe Nr. 60 und 61.



findet zum Beispiel, dass in der Mitte eines 800 geographische Meilen breiten Continents, welcher von zwei eben so breiten Meeren eingeschlossen ist, vorausgesetzt, dass an der einen Küste Hochwasser, an der entgegengesetzten Niedrigwasser herrscht, das Niveau noch eine Ablenkung von 0.006 im Ganzen erfährt. Diese Berechnung beruht auf der Annahme, dass die Starrheit der oberen Erdschichten etwas grösser, als die des Glases ist. Mit der Annäherung an die Küste nimmt der Betrag der Ablenkung zu und wird für 1 km Entfernung von der Küste 0.076 gefunden. Hier ist auch die Anziehung der Masse eingeschlossen.

In der Erwägung, dass hierzu noch die barometrischen Depressionen hinzutreten, gelangt Darwin zu dem Schlusse, dass die Versuche, die Attractionswirkung des Mondes zu erkennen, nicht eher Aussicht auf Erfolg haben dürften, als bis die Kenntniss der Luftdrucks- und Gezeitenverhältnisse in weitem Umkreise des Beobachtungsortes so weit gediehen sei, um die Berechnung der entsprechenden Niveaudpressionen zu ermöglichen.

Diese Bemerkung erscheint mir etwas zu weit gegriffen. Was die Niveauveränderungen durch Luftdruck anbetrifft, so sind sie so veränderlich, dass es schon für einen beliebigen Ort möglich sein wird, durch längere Beobachtung dieselben zu eliminiren. Die Berechnungen für die Depression durch die Gezeiten andererseits sind unter Voraussetzungen gemacht, die besonders darin von den thatsächlichen Verhältnissen stark abweichen, dass sie an der einen Küste allgemein Hochwasser und zu gleicher Zeit an der anderen Küste Ebbe voraussetzen. Derartige Verhältnisse bestehen nirgends auch nur annähernd und es ist deshalb, auch mit Rücksicht auf die selbst in den kleinsten Verhältnissen zu Tage tretende Trägheit der Erdschichten kaum anzunehmen, dass in merklicher Entfernung von der Küste Niveaudpressionen in der durch die Rechnung gegebenen Weise zu Stande kommen sollten.

Jedenfalls wird man aus den Darwin'schen Untersuchungen entnehmen, dass nicht jeder Ort für diese Beobachtungen geeignet ist. Die Aussicht aber, durch die Combination der Ergebnisse verschiedener geeigneter Beobachtungsstationen zu einem positiven Resultate betreffs der körperlichen Gezeiten der Erde zu gelangen, erscheint mir durch jene Untersuchungen nicht gemindert.

Ich begnüge mich nun damit, festzustellen, dass in den bisher von mir angestellten Beobachtungen die Existenz einer Tide von etwa  $0.01$  als Coefficienten angedeutet ist. Diesen Betrag dürfte dieselbe am Aequator erreichen, während derselbe naturgemäss mit der höheren Breite abnehmen muss. Dem entsprechen auch die gefundenen Coefficienten  $0.00965$  und  $0.00614$ , welche sich etwa wie die Cosinus der Breiten verhalten.

Da die Fortsetzung der Horizontalpendel-Beobachtungen für die nächste Zeit in grösserem Umfange als bisher gesichert ist, so wird die Entscheidung der hier berührten interessanten Frage wohl nicht mehr lange auf sich warten lassen.

---

## V. Die tägliche Periode.

Wie schon hervorgehoben wurde, ist die tägliche Periode die Haupterscheinung in den Photogrammen. In Wilhelmshaven ist sie trotz der angewandten geringen Empfindlichkeit viel auffälliger, als an den beiden anderen Orten. Sie vollzieht sich überall mit oft bemerkenswerther Regelmässigkeit. Ich habe von jedem Orte nach den Photogrammen eine Anzahl von Curven in der Ausdehnung von 36<sup>h</sup> (von 6<sup>h</sup> eines Tages bis 18<sup>h</sup> des nächstfolgenden reichend) genau copirt, wobei die Störungen nicht mitgezeichnet sind. Es sind dazu solche Tage ausgewählt worden, an denen die Amplitude möglichst gross und die Nullpunktsänderung gering war. Auch ohne Berücksichtigung dieser letzteren laufen besonders in Potsdam und Puerto Orotava zuweilen die Curven zweier weit auseinander liegender Tage fast parallel neben einander her, wie man sich durch den Anblick der Fig. 1, 2, 3 (Tafel II) überzeugen kann.

Dass es sich hier nicht um locale Einwirkungen handeln kann, ist von vornherein wegen der Uebereinstimmung der Curven an drei so verschiedenen Stationen anzunehmen.<sup>1)</sup> Die tägliche Temperaturoscillation dringt kaum bis in die Tiefen vor, in denen in Wilhelmshaven und Potsdam die Instrumentenpfeiler fundirt waren. Die Einwirkung der Sonnenstrahlung auf die Mauern der Gebäude andererseits würde in Potsdam z. B. eher eine entgegengesetzte Bewegung zur Folge haben müssen, als sie in Wahrheit eintritt, wenn es überhaupt möglich wäre, anzunehmen, dass der Ort, an dem das Pendel daselbst steht, d. h. das Innere eines starken, doppelwandigen, mit Erde beschütteten Gewölbes, von der Sonnenstrahlung local beeinflusst wird.

Aus diesen Gründen verdient die tägliche Periode besondere Beachtung, um so mehr als, wie sich bald ergeben wird, ihre Veränderlichkeit vielleicht zuerst einen Schlüssel für die Erkenntniss ihrer Entstehungsweise liefern dürfte. Im Folgenden sind die Beobachtungen in Puerto Orotava zuerst behandelt.

<sup>1)</sup> Nach gütiger Mittheilung des Herrn Professor Kortazzi auf Grund einmonatlicher Beobachtungen in Nikolajew trägt auch dort die tägliche Periode denselben Charakter. Die Amplitude derselben wurde zunächst viel kleiner gefunden als in den obigen Fällen.

### 1. Puerto Orotava.

Zur Darstellung der täglichen Periode ist die harmonische Analyse angewandt worden. Da die Elemente dieser Oscillation starken Veränderungen unterworfen sind, so ist die Berechnung zunächst für kürzere Perioden gesondert ausgeführt worden. Zur genaueren Kenntniss der mittleren Werthe werden mindestens die Beobachtungen eines Jahres erforderlich sein, da innerhalb dieses Zeitabschnitts die genannten Elemente anscheinend periodisch veränderlich sind.

Die Beobachtungen sind in Decaden zusammengefasst worden, so dass 12 Gruppen entstehen, für welche die periodischen Coefficienten nach der Formel

$$N_0 + \beta t + a_1 \cos t + b_1 \sin t + a_2 \cos 2t + b_2 \sin 2t$$

berechnet wurden. Zwar ist auch das dritte Glied noch sehr merklich, ich habe es aber vorgezogen, auf dasselbe später Rücksicht zu nehmen. Somit ergibt sich die auf Seite 109 befindliche Tabelle der Coefficienten, in welcher neben den  $a$ ,  $b$  wieder die  $m$ ,  $M$  angeführt sind. Im Mittel aus den 12 Gruppen erhält man für die ganze Beobachtungsperiode die Formel

$$+ 1.294 \cos (t - 65.04) + 0.406 \cos (2t - 81.07),$$

in welcher wiederum die Winkel um  $180^\circ$  vermehrt sind, um das Zeichen umzukehren. Zu dieser Formel treten die Glieder dritter und höherer Ordnung hinzu, von welchen später die Rede sein wird. Unter Berücksichtigung derselben erhält man folgende Darstellung des mittleren Verlaufs der täglichen Periode in Einheiten von  $1^p$  und in Winkelwerth für die Dauer der vier Monate Januar bis April

M. O.-Zt.	M. O.-Zt.	M. O.-Zt.
$0^h + 0.65^p + 0.095''$	$8^h + 0.40^p + 0.059''$	$16^h - 0.93^p - 0.136''$
1 + 1.21 + 0.177	9 + 0.11 + 0.016	17 - 1.00 - 0.147
2 + 1.41 + 0.206	10 - 0.11 - 0.016	18 - 1.09 - 0.160
3 + 1.54 + 0.226	11 - 0.33 - 0.048	19 - 1.20 - 0.176
4 + 1.55 + 0.227	12 - 0.51 - 0.075	20 - 1.22 - 0.179
5 + 1.40 + 0.205	13 - 0.65 - 0.095	21 - 1.09 - 0.160
6 + 1.05 + 0.154	14 - 0.77 - 0.113	22 - 0.63 - 0.092
7 + 0.73 + 0.107	15 - 0.87 - 0.127	23 + 0.35 + 0.051.

## Tägliche Periode, 10tägige Gruppenmittel (Teneriffa).

Für die beobachteten und berechneten Abweichungen ist 0.01 die Einheit.

Mittl. Oris.-Zt.	1. Dechr. 26. — Jan. 4.	2. Januar 5. — 14.	3. Januar 15. — 24.	4. Jan. 25. — Febr. 3.	5. Februar 4. — 13.	6. Februar 14. — 23.
0 <sup>h</sup>	24.90 — 110 — 139	38.09 — 133 — 141	46.10 — 28 — 43	48.35 — 93 — 63	52.09 — 98 — 116	52.52 — 47 — 57
1	24.06 — 194 — 183	37.52 — 190 — 182	45.61 — 77 — 76	47.40 — 188 — 156	51.19 — 188 — 160	51.52 — 147 — 118
2	23.65 — 235 — 220	37.25 — 217 — 214	45.24 — 114 — 101	47.03 — 225 — 238	51.09 — 198 — 194	51.31 — 168 — 173
3	23.41 — 259 — 238	37.04 — 238 — 230	45.06 — 132 — 116	46.49 — 279 — 289	50.96 — 211 — 215	51.05 — 194 — 207
4	23.55 — 245 — 238	37.04 — 238 — 229	45.17 — 121 — 117	46.18 — 310 — 307	50.93 — 214 — 215	50.90 — 209 — 219
5	23.99 — 201 — 214	37.38 — 204 — 207	45.42 — 96 — 105	46.36 — 292 — 288	51.15 — 192 — 197	50.90 — 209 — 208
6	24.40 — 160 — 176	37.88 — 154 — 169	45.71 — 67 — 80	46.91 — 237 — 242	51.53 — 154 — 165	51.26 — 173 — 175
7	24.81 — 119 — 129	38.29 — 113 — 122	45.93 — 45 — 50	47.63 — 165 — 177	51.86 — 121 — 125	51.68 — 131 — 129
8	25.26 — 74 — 79	38.77 — 65 — 71	46.16 — 22 — 20	48.28 — 100 — 107	52.24 — 83 — 80	52.17 — 82 — 79
9	25.57 — 43 — 37	39.07 — 35 — 26	46.41 + 3 + 6	48.85 — 43 — 42	52.60 — 47 — 37	52.59 — 40 — 35
10	25.85 — 15 — 1	39.37 — 5 + 12	46.54 + 16 + 25	49.27 — 1 + 8	52.95 — 12 — 4	52.95 — 4 + 3
11	26.10 + 10 + 22	39.74 + 32 + 40	46.68 + 30 + 37	49.46 + 18 + 43	53.27 + 20 + 22	53.26 + 27 + 28
12	26.35 + 35 + 39	40.03 + 61 + 58	46.74 + 36 + 41	49.87 + 59 + 63	53.53 + 46 + 43	53.46 + 47 + 44
13	26.55 + 55 + 53	40.18 + 76 + 71	46.82 + 44 + 40	50.11 + 83 + 76	53.74 + 67 + 61	53.59 + 60 + 53
14	26.81 + 81 + 69	40.33 + 91 + 82	46.83 + 45 + 40	50.35 + 107 + 90	53.93 + 86 + 77	53.72 + 73 + 65
15	27.06 + 106 + 90	40.53 + 111 + 97	46.90 + 52 + 44	50.56 + 128 + 113	54.09 + 102 + 96	53.81 + 82 + 80
16	27.26 + 126 + 117	40.56 + 114 + 114	46.93 + 55 + 49	50.78 + 150 + 143	54.26 + 119 + 120	53.96 + 97 + 100
17	27.47 + 147 + 149	40.70 + 128 + 136	46.96 + 58 + 59	51.00 + 172 + 180	54.44 + 137 + 144	54.17 + 118 + 127
18	27.64 + 164 + 179	40.88 + 146 + 158	46.99 + 61 + 70	51.27 + 199 + 216	54.58 + 151 + 156	54.40 + 141 + 154
19	27.85 + 185 + 202	41.07 + 165 + 177	47.04 + 66 + 78	51.50 + 222 + 243	54.77 + 170 + 180	54.67 + 168 + 174
20	28.03 + 203 + 211	41.23 + 181 + 184	47.09 + 71 + 78	51.65 + 237 + 247	54.91 + 184 + 183	54.84 + 185 + 180
21	28.11 + 211 + 204	41.30 + 188 + 178	47.12 + 74 + 69	51.65 + 237 + 224	54.94 + 187 + 170	54.88 + 189 + 169
22	28.01 + 201 + 179	41.28 + 186 + 159	47.05 + 67 + 51	51.39 + 211 + 170	54.84 + 177 + 143	54.58 + 159 + 136
23	27.33 + 133 + 139	40.46 + 104 + 125	46.52 + 14 + 21	50.38 + 110 + 91	53.78 + 71 + 103	53.54 + 55 + 87
Mittel	26.00	39.42	46.38	49.28	53.07	52.99

Mittel. Oris-Zl.	7. Februar 24. — März 5.	8. März 6. — 15.	9. März 16. — 25.	10. März 26. — April 4.	11. April 5. — 14.	12. April 15. — 24.
0 <sup>h</sup>	47.65 — 100 — 94	44.32 — 131 — 112	43.10 — 154 — 129	42.09 — 95 — 88	40.06 — 108 — 100	36.60 — 159 — 129
1	47.23 — 142 — 137	43.91 — 172 — 156	42.92 — 172 — 165	41.78 — 126 — 109	39.88 — 126 — 127	36.47 — 172 — 169
2	46.95 — 170 — 163	43.92 — 171 — 188	42.95 — 169 — 185	41.90 — 114 — 120	39.85 — 129 — 140	36.45 — 174 — 189
3	46.99 — 166 — 171	43.89 — 174 — 202	42.96 — 168 — 186	42.02 — 102 — 119	39.92 — 122 — 138	36.54 — 165 — 186
4	47.21 — 145 — 159	43.79 — 184 — 196	42.98 — 166 — 171	42.07 — 97 — 106	40.09 — 105 — 119	36.71 — 148 — 166
5	47.34 — 131 — 130	43.74 — 189 — 174	43.28 — 136 — 140	42.15 — 89 — 87	40.22 — 92 — 92	36.98 — 121 — 131
6	47.75 — 90 — 93	44.16 — 147 — 142	43.59 — 105 — 104	42.38 — 66 — 66	40.61 — 53 — 59	37.30 — 89 — 90
7	48.08 — 57 — 54	44.58 — 105 — 103	43.95 — 69 — 64	42.57 — 47 — 42	40.87 — 27 — 25	37.54 — 65 — 51
8	48.41 — 24 — 19	45.00 — 63 — 61	44.28 — 36 — 26	42.73 — 31 — 21	41.07 — 7 — 4	37.82 — 37 — 21
9	48.74 — 9 — 9	45.35 — 28 — 24	44.60 — 4 — 5	42.94 — 10 — 4	41.25 — 11 — 27	38.07 — 12 — 3
10	48.86 — 21 — 29	45.68 — 5 — 10	44.89 — 25 — 30	43.13 — 9 — 11	41.41 — 27 — 41	38.32 — 13 — 18
11	49.04 — 39 — 43	46.01 — 38 — 37	45.18 — 54 — 48	43.32 — 28 — 22	41.56 — 42 — 52	38.56 — 37 — 28
12	49.20 — 55 — 52	46.30 — 67 — 60	45.41 — 77 — 66	43.50 — 46 — 37	41.67 — 53 — 59	38.74 — 55 — 38
13	49.39 — 74 — 63	46.57 — 94 — 84	45.58 — 94 — 82	43.58 — 54 — 51	41.85 — 71 — 66	38.92 — 73 — 54
14	49.51 — 86 — 77	46.77 — 114 — 105	45.73 — 109 — 100	43.70 — 66 — 66	41.94 — 80 — 75	39.03 — 84 — 76
15	49.65 — 100 — 95	46.92 — 129 — 126	45.82 — 118 — 117	43.83 — 79 — 82	41.98 — 84 — 85	39.17 — 98 — 101
16	49.72 — 107 — 113	46.98 — 135 — 144	45.84 — 120 — 135	43.94 — 90 — 94	41.95 — 81 — 94	39.28 — 109 — 128
17	49.80 — 115 — 128	47.05 — 142 — 160	45.88 — 124 — 146	43.98 — 94 — 104	41.93 — 79 — 100	39.39 — 120 — 151
18	49.87 — 122 — 135	47.11 — 148 — 166	45.96 — 132 — 146	43.98 — 94 — 103	41.94 — 80 — 99	39.56 — 137 — 162
19	49.93 — 128 — 126	47.27 — 164 — 159	46.00 — 136 — 144	43.93 — 89 — 92	41.97 — 83 — 86	39.82 — 163 — 155
20	49.80 — 115 — 105	47.22 — 159 — 139	45.96 — 132 — 107	43.87 — 83 — 72	42.00 — 86 — 61	39.95 — 176 — 130
21	49.58 — 93 — 67	47.05 — 142 — 105	45.69 — 105 — 68	43.75 — 71 — 44	41.78 — 64 — 26	39.57 — 138 — 86
22	49.07 — 42 — 17	46.39 — 76 — 58	44.99 — 35 — 19	43.22 — 18 — 9	41.20 — 6 — 16	38.39 — 20 — 31
23	47.91 — 74 — 43	45.19 — 44 — 5	43.81 — 83 — 33	42.47 — 56 — 25	40.27 — 87 — 59	37.37 — 82 — 29
Mittel	48.65	45.63	44.64	43.04	41.14	38.19

## Tägliche Periode (Teneriffa).

Gruppe	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$m_1$	$M_1$	$m_2$	$M_2$	$\frac{m_1}{m_2}$	$\alpha$	$\vartheta$
1	-0.312	-1.202	+0.034	-0.503	+1.242	255.45	+0.504	273.87	2.46	3.78	13.73
2	-0.432	-1.074	+0.101	-0.434	+1.158	248.09	+0.446	283.10	2.60	3.34	13.51
3	-0.339	-0.673	+0.058	-0.331	+0.789	243.26	+0.336	279.94	2.35	2.08	11.67
4	-0.476	-2.144	+0.138	-0.816	+2.196	257.48	+0.828	279.60	2.65	5.01	16.79
5	-0.362	-1.220	+0.035	-0.410	+1.273	253.48	+0.412	274.88	3.09	4.04	15.96
6	-0.295	-1.436	+0.125	-0.550	+1.466	258.39	+0.564	282.80	2.60	4.80	17.41
7	-0.731	-1.140	-0.208	-0.384	+1.354	237.33	+0.437	241.56	3.10	3.34	12.04
8	-0.704	-1.381	-0.108	-0.310	+1.550	242.99	+0.328	250.80	4.72	4.18	15.08
9	-0.854	-1.117	-0.203	-0.288	+1.406	232.60	+0.352	234.82	3.99	3.52	14.61
10	-0.539	-0.757	-0.183	-0.149	+0.931	234.55	+0.236	219.15	3.94	2.84	15.64
11	-0.787	-0.776	-0.201	-0.257	+1.105	224.60	+0.326	232.97	3.39	2.39	12.49
12	-0.722	-1.150	-0.348	-0.376	+1.358	237.88	+0.512	227.21	2.65	3.71	16.42

Diese Curve ist in Fig. 4 (Taf. IV) dargestellt im Verein mit den Curven für die beiden anderen Orte. Sie zeigt, dass das Pendel sich von 9<sup>h</sup> Morgens an, wo es seinen westlichsten Stand erreicht, mit rasch zunehmender Geschwindigkeit gegen Osten hinbewegt. Die östliche Elongation wird gegen 4<sup>h</sup> Nachmittags erreicht, worauf das Pendel mit Anfangs rascherer, dann langsamer werdender Bewegung wieder in die westliche Lage zurückkehrt. Ein secundäres östliches Maximum der Curve ist in den Frühstunden zwischen 3<sup>h</sup> und 6<sup>h</sup> Morgens angedeutet. In Beziehung auf die Epochen des Maximums und Minimums, bzw. der Elongationen, stimmt die Curve für Teneriffa sehr nah mit derjenigen für Potsdam überein. In Wilhelmshaven liegen die Epochen etwas früher, nämlich die westliche Elongation zwischen 4<sup>h</sup> und 5<sup>h</sup> Morgens, die östliche bei 2<sup>h</sup> Nachmittags.

Ein Ueberblick über die Coefficiententabelle ergibt, dass die Phasen  $M_1$  und  $M_2$  veränderlich sind und zwar folgt aus denselben eine Verfrüfung des Maximums und Minimums während der 4 Monate von etwa 2 Stunden, doch ist diese Veränderung keine ganz regelmässige. Die Coefficienten lassen eine Zunahme gegen die mittleren Decaden hin erkennen, das Verhältniss der Coefficienten  $m_1$  und  $m_2$  bleibt auch bei einigen grösseren Sprüngen ziemlich unverändert. Fassen wir die sich ergebenden Zahlen für die ganze Amplitude der täglichen Schwankung in je 3 Decaden zusammen, so verschwinden die zufälligen Schwankungen etwas, und es zeigt sich, dass dieselbe in der 4. Decade, also Anfangs Februar, am grössten ist und nach beiden Seiten hin abnimmt.

Die obige Formel genügt, wie schon hervorgehoben, nicht zur Darstellung der Beobachtungen. Die Vergleichung von Rechnung und Beobachtung ergibt Abweichungen, deren Verlauf für je 4 Decaden und das Gesamtmittel in Fig. 5 (Taf. IV) dargestellt sind. Die letzte dieser Zahlenreihen (Beobachtung — Rechnung), welche für das Mittel aller Beobachtungen gilt, möge hier angeführt werden, da von derselben früher für die Darstellung der Normalcurve der täglichen Bewegung Gebrauch gemacht worden ist.

0 <sup>h</sup> — 3.8	6 <sup>h</sup> + 5.5	12 <sup>h</sup> + 3.1	18 <sup>h</sup> — 14.1
1 — 13.0	7 + 0.6	13 + 7.6	19 — 4.8
2 + 3.4	8 — 3.7	14 + 8.3	20 + 9.6
3 + 7.3	9 — 7.0	15 + 5.2	21 + 24.1
4 + 5.0	10 — 8.6	16 — 4.0	22 + 20.2
5 + 1.7	11 — 3.9	17 — 12.5	23 — 27.3.

Die Uebereinstimmung der Curven beweist, dass es sich um einen wesentlichen Bestandtheil der täglichen Periode handelt, auch ist die Verfrühung der Maxima und Minima leicht zu erkennen. Im Ganzen trägt die Curve den Charakter einer Welle von 8<sup>h</sup> Dauer, doch ist das Anschwellen derselben in den Vormittagsstunden eigenthümlich. In derselben Figur ist die entsprechende Curve für Potsdam eingetragen, in den Epochen der Maxima und Minima ist auch hier eine vollkommene Uebereinstimmung vorhanden, so dass dieselbe sich auf alle drei Glieder der Formel für die tägliche Periode erstreckt.

Es handelt sich nun darum, die Veränderlichkeit der Amplitude näher zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wurden für jede Decade die Zeiten bestimmt, in denen die periodischen Glieder Null werden, bzw. ihr Maximum und Minimum erreichen. Durchschnittlich liegen diese Epochen bei 9.4<sup>h</sup> und 22.9<sup>h</sup>, und bei 3.2<sup>h</sup> und 20.0<sup>h</sup>. Dieselben wechseln von einer Decade zur andern, daher wird es auch nicht streng richtig sein, für je zehn aufeinander folgende Tage dieselbe Epoche anzuwenden. Da es sich aber nur um die Berechnung von Mittelwerthen handelt, so wird sich dieser Fehler nahezu ausgleichen. Zunächst wurden hiernach aus den ursprünglichen Ablesungen für jeden Tag zwei Zahlen interpolirt, welche von den periodischen Gliedern frei sind, also den Gang des Nullpunktes darstellen. Diese Zahlen sind später benutzt. Ebenso wurden je zwei Zahlen interpolirt, welche das Maximum und Minimum repräsentiren. Für die Epoche der letzteren ergab die erste Zahlen-



reihe die Nullpunkte durch Interpolation, durch deren Subtraction von den Maximis und Minimis wiederum die Abweichungen der letzteren erhalten werden. Da die Epochen der Maxima und Minima der täglichen Bewegung nahezu denen des täglichen Wärme-Maximums und -Minimums entsprechen, so kann eine unmittelbare Vergleichung beider Elemente, wie sie in der Absicht liegt, natürlich unter Zugrundelegung des bürgerlichen Datums erfolgen.

Die meteorologischen Beobachtungen, deren Quelle früher angeführt ist, sind in englischen Maassen gegeben, die Temperaturen also in Fahrenheit, ausserdem sind mit Ausnahme von April 1—25 Registrirbeobachtungen der Dauer des Sonnenscheins vorhanden. Die berechneten Amplituden der täglichen Bewegung des Pendels entsprechen dem Abstände eines Vormittagsminimums von dem folgenden Nachmittagsmaximum. Ich unterlasse es, die einzelnen Zahlen für jeden Tag hier anzuführen.

Dass eine Abhängigkeit der Amplituden von der täglichen Temperaturschwankung vorhanden ist, ergibt sich schon, wenn man die mittleren Amplituden einer Decade mit den zugehörigen mittleren Temperaturen vergleicht. Diese Zahlen sind oben in der Tabelle der periodischen Coefficienten unter  $\alpha$  und  $\vartheta$  angeführt. Eine nähere Untersuchung aber ergibt eine noch viel auffallendere Abhängigkeit. Ich habe die Beobachtungen nach der Amplitude geordnet und sowohl mit der täglichen Temperaturschwankung  $\vartheta$  als mit der Dauer des Sonnenscheins  $\theta$  verglichen. In den folgenden Tabellen sind die Zahl der Beobachtungen in jeder Gruppe, sowie die extremen Werthe der Vergleichselemente aufgeführt, um zu zeigen, dass dieselben immerhin nicht allein bestimmend für die Grösse der Amplitude sind.

$\alpha$ liegt zwischen	Zahl der Tage	$\alpha$	$\vartheta$	Grenzen der $\vartheta$
$0.0^p - 0.9^p$	5	0.70	9.82	$7.4^o$ und $15.5^o$
1.0 — 1.9	13	1.52	11.72	9.3    14.8
2.0 — 2.9	25	2.42	13.58	9.0    16.5
3.0 — 3.9	28	3.54	14.85	8.0    18.8
4.0 — 4.9	33	4.45	15.35	9.8    19.7
5.0 — 5.9	14	5.34	16.93	15.2   19.3
6.0 — 6.9	4	6.15	17.38	16.8   18.0

Mit der Dauer des Sonnenscheins  $\theta$  verglichen, ergeben sich für dieselben Grenzen von  $\alpha$  folgende Zahlen:

Zahl der Tage	$\alpha$	$\Theta$ h	Grenzen von $\Theta$ h
3	0.77	2.30	0.0 — 5.2
8	1.65	3.05	0.0 — 6.0
18	2.42	3.96	0.2 — 6.0
22	3.54	7.12	2.8 — 10.2
30	4.45	7.80	3.0 — 10.5
12	5.33	8.94	6.0 — 10.8
4	6.15	9.68	9.5 — 9.8.

Ich habe diese Zahlen graphisch ausgeglichen und erhalte für die Amplituden folgende Tabellen:

$\vartheta$ °	$\alpha$	$\Theta$ h	$\alpha$
9.0	0.37	2.0	0.50
10.0	0.76	3.0	1.50
11.0	1.23	4.0	2.37
12.0	1.73	5.0	2.82
13.0	2.26	6.0	3.15
14.0	2.99	7.0	3.60
15.0	3.85	8.0	4.48
16.0	4.79	9.0	5.50
17.0	5.65	10.0	6.48.
18.0	6.50		

Aus diesen ausgeglichenen Zahlen lassen sich die oben gefundenen Mittelwerthe sehr nahe interpoliren.

Wir sehen mithin, dass die Amplitude der täglichen Bewegung, so erheblich die einzelnen Tage auch abweichen mögen, doch im Grossen und Ganzen im Wesentlichen von der Sonnenstrahlung abhängt. Es scheint, dass, wenn dieselbe unter ein gewisses Minimum herabsinkt, die tägliche Periode ganz verschwinden müsste. Die tägliche Temperaturoscillation dürfen wir hierbei als ein Maass der Sonnenstrahlung betrachten, indem dieselbe um so beträchtlicher sein wird, je geringer die Bewölkung ist. Ein ähnliches Resultat, wie das vorliegende, werden wir auch für die Potsdamer Beobachtungen finden.

Der Charakter der Witterung in den Monaten Januar bis April ist in Ortava mit Ausnahme der seltenen und kurzen Störungen schlechten Wetters im Allgemeinen folgender. Nach einer meist klaren Nacht erhebt sich die Sonne gegen 8<sup>h</sup> über den Gebirgsrand. Schon nach einer Stunde beginnen sich unter dem Einfluss des feuchten Seewindes an den Gebirgswänden Nebelflocken zu

bilden, die rasch an Umfang zunehmen und meist schon gegen Mittag zu einer ausgedehnten Wolkendecke anwachsen, die sich von dem Rande des Gebirges bis an die Küste erstreckt, woselbst die Grenze eine etwas wechselnde ist. Unmittelbar an der Küste gelegene Punkte haben oft den ganzen Tag über Sonnenschein, während nur wenig landeinwärts Alles im Schatten des grossen Wolken-schirms liegt. Die höheren über den Wolken gelegenen Regionen des Gebirges, so namentlich der Pic und seine gewaltige Kraterebene, erfreuen sich um diese Zeit meist ungetrübten Sonnenscheins. Gegen Abend lichtet sich dann der Wolkenschleier allmählich, die Massen theilen sich und lösen sich mit dem Sinken der Sonne rasch auf, so dass gegen Sonnenuntergang die ganze Landschaft meist wieder wolkenlos daliegt.

Diese Schilderung gilt, wie schon erwähnt, für normales Wetter, während des ganzen Monats Januar erfreuten wir uns besonders reichlichen Sonnenscheins, indem die beschriebene Wolkendecke oft gar nicht, oft nur in ganz geringer Ausdehnung zur Ausbildung gelangte. Zu anderen Zeiten herrschte trübes Wetter, welches sich über die ganze Insel ausbreitete, doch waren die Tage äusserst selten, an denen die Sonne nicht aus den Wolken hervorkam.

Im Allgemeinen wird man behaupten dürfen, dass die Südseite der Insel mehr Sonnenschein hat, als die Nordseite, doch erleidet diese Feststellung gerade in den weniger beständigen Wintermonaten eine Einschränkung. Hier handelt es sich nun darum, zu wissen, inwieweit die meteorologischen Beobachtungen, deren ich mich bedient habe, und die unmittelbar an der Nordküste der Insel angestellt sind, geeignet sind, den Charakter der Witterung für die ganze Insel darzustellen. In Beziehung hierauf neige ich der Ansicht zu, dass die betreffenden meteorologischen Elemente, besonders die Dauer des Sonnenscheins, gerade in den Wintermonaten und im Mittel aus einer grösseren Zahl von Tagen den allgemeinen Verhältnissen der Insel, mit Ausnahme derjenigen Theile, welche von der regelmässigen täglichen Wolkenbildung voll getroffen werden, ziemlich nahe entsprechen werden. Ich habe mich sehr häufig davon überzeugt, dass der nördliche Küstenstrich, selbst bei starker Wolkenbildung, noch ausserhalb des Schattens derselben liegt.

Wenn diese Anschauung richtig ist, so erhalten wir also als Resultat der Untersuchung über die Amplitude der täglichen Bewegung, dass dieselbe der Hauptsache nach durch das Maass der Sonnenstrahlung bestimmt wird,

welche die Insel trifft. Die grösste Amplitude, welche vorkommt, beträgt 0.97, die kleinste 0.04, während die mittlere Amplitude 0.40 ist. Denken wir uns in Orotava ein Meridianinstrument aufgestellt, so würde die Neigung der Achse desselben diesen Schwankungen unterworfen sein, abgesehen von denjenigen, welche die directe Einwirkung der Temperatur auf die Pfeiler erzeugt.

## 2. Wilhelmshaven.

Wie nachgewiesen worden ist, enthalten diese Beobachtungen ein vom Monde abhängiges Glied, das nicht vernachlässigt werden durfte. Um nun dasselbe nicht einzeln an jede Beobachtung anbringen zu müssen, habe ich dieselben wieder in Gruppen zusammengezogen, wie an der Spitze dieser Tabelle

### Tägliche Periode, Gruppennittel (Wilhelmshaven).

Gr. Zt.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	März 7. — 13.	März 15. — 29	März 30. — Apr. 12.	April 13. — 18., 21., 26. — 29.	Mai 10. — 13., 16., 20., 21., 29. — 31.	Juni 27. — Juli 11.
0 <sup>h</sup>	22.93 +280	24.29 +423	17.61 +405	32.91 +266	37.35 +270	29.39 +232
1	23.53 +340	24.75 +469	18.09 +453	33.36 +311	38.32 +367	30.04 +297
2	23.56 +343	24.76 +470	18.14 +458	33.57 +332	38.68 +403	30.63 +356
3	23.21 +308	24.09 +403	17.71 +415	33.19 +294	38.78 +413	30.80 +373
4	22.11 +198	22.85 +279	16.82 +326	32.29 +204	38.48 +383	30.55 +348
5	20.70 + 57	21.55 +149	15.79 +223	31.45 +120	37.61 +296	30.34 +327
6	19.83 — 30	20.51 + 45	14.65 +109	30.60 + 35	36.68 +203	30.25 +318
7	19.19 — 94	19.77 — 29	13.79 + 23	29.82 — 43	35.90 +125	29.33 +226
8	18.63 —150	19.16 — 90	12.88 — 68	29.25 —100	35.06 + 41	27.91 + 84
9	18.31 —182	18.76 —130	12.39 —117	28.92 —133	34.25 — 40	26.85 — 22
10	18.00 —213	18.31 —175	11.99 —157	28.84 —141	33.72 — 93	26.08 — 99
11	17.83 —230	18.00 —206	11.69 —187	28.65 —160	32.91 —174	25.35 —172
12	17.76 —237	17.69 —237	11.52 —204	28.31 —194	32.23 —242	24.45 —262
13	17.91 —222	17.49 —257	11.36 —220	27.90 —235	31.49 —316	23.73 —334
14	18.04 —209	17.31 —275	11.12 —244	27.50 —275	30.67 —398	23.08 —399
15	18.23 —190	17.17 —289	10.80 —276	27.23 —302	29.89 —476	22.59 —448
16	18.34 —179	17.07 —299	10.44 —312	26.95 —330	29.65 —500	22.47 —460
17	18.47 —166	16.92 —314	10.34 —322	27.07 —318	30.42 —423	22.89 —418
18	18.76 —137	17.15 —291	10.71 —285	27.76 —249	32.31 —234	24.10 —297
19	19.47 — 66	18.01 —205	11.37 —219	29.05 —120	33.54 —111	25.48 —159
20	20.41 + 28	19.27 — 79	12.43 —113	30.45 + 20	34.50 — 15	26.77 — 30
21	21.49 +136	20.85 + 79	13.40 — 16	32.21 +196	35.56 + 91	28.25 +118
22	22.74 +261	22.33 +227	14.64 +108	33.86 +361	36.39 +174	29.14 +207
23	23.70 +357	23.47 +341	15.66 +210	34.95 +470	37.11 +246	29.27 +220
Mittel	20.13 (7)	20.06 (15)	13.56 (14)	30.25 (11)	34.65 (10)	27.07 (15)

Gr. Zt.	7.		8.		9.		10.		11.	
	Juli 12. — 25.		Juli 26. — Aug. 9.		Aug. 10. — 24.		Aug. 25. — September 8.		Sept. 9. — 23.	
0 <sup>h</sup>	21.59	+313	32.23	+190	36.61	+379	38.21	+189	35.71	+338
1	21.64	+318	32.99	+266	37.16	+434	38.88	+256	36.31	+398
2	22.07	+361	33.51	+318	37.34	+452	39.25	+293	36.49	+416
3	22.26	+380	33.73	+340	37.29	+447	39.23	+291	36.12	+379
4	22.41	+395	33.59	+326	36.80	+398	38.71	+239	35.47	+314
5	21.92	+346	32.99	+266	35.71	+289	38.03	+171	34.57	+224
6	21.25	+279	32.67	+234	35.15	+233	37.47	+115	33.69	+136
7	20.35	+189	31.50	+117	33.95	+113	36.90	+ 58	33.26	+ 93
8	19.26	+ 80	30.53	+ 20	33.01	+ 19	36.44	+ 12	32.74	+ 41
9	18.47	+ 1	29.82	— 51	32.32	— 50	36.01	— 31	32.18	— 15
10	17.80	— 66	29.19	—114	31.63	—119	35.71	— 61	31.60	— 73
11	17.09	—137	28.68	—165	31.10	—172	35.37	— 95	31.07	—126
12	16.38	—208	28.11	—222	30.60	—222	34.85	—147	30.71	—162
13	15.81	—265	27.65	—268	30.07	—275	34.36	—196	30.33	—200
14	15.19	—327	27.18	—315	29.58	—324	33.93	—239	29.94	—239
15	14.69	—377	26.73	—360	29.10	—372	33.43	—289	29.46	—287
16	14.35	—411	26.43	—390	28.61	—421	33.05	—327	29.04	—329
17	14.56	—390	26.52	—381	28.60	—422	32.90	—342	28.69	—364
18	15.11	—335	27.53	—280	29.21	—361	33.43	—289	28.86	—347
19	16.12	—234	28.81	—152	30.25	—257	34.69	—163	29.77	—256
20	17.36	—110	30.12	— 21	31.61	—121	36.14	— 18	31.03	—130
21	18.64	+ 18	31.32	+ 99	33.07	+ 25	37.29	+ 97	32.21	— 12
22	19.26	+ 80	32.43	+210	33.94	+112	38.21	+189	32.91	+ 58
23	19.54	+108	33.54	+321	34.86	+204	39.11	+279	33.75	+142
Mittel	18.46	(14)	30.33	(15)	32.82	(15)	36.32	(15)	32.33	(15)

angegeben. Dadurch werden die Mondglieder vollständig eliminirt; einige Gruppen sind wegen der Lücken in den Beobachtungen unvollständig geblieben, doch habe ich deswegen die Beobachtungen nicht ganz verwerfen wollen. Wir erhalten auf diese Weise 11 Gruppen von meist 14 oder 15 Tagen, die ersten 5 und die letzten 6 sind durch die längere Pause in den Beobachtungen getrennt.

In derselben Weise wie früher ergeben sich folgende Coefficienten:<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Hier ist zu berücksichtigen, dass wegen der Unterschiede in den Reductionsconstanten vor und nach der längeren Pause für eine strenge Vergleichung in den Gruppen 1—5 alle Coefficienten um  $3\frac{1}{3}\%$  ihres Werthes zu vergrößern, in den Gruppen 6—11 dagegen um ebensoviel zu verkleinern sind.

## Tägliche Periode (Wilhelmshaven).

Gruppe	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$m_1$	$M_1$	$m_2$	$M_2$
1	+2.920	+0.960	+0.723	+0.533	+3.074	18.20	+0.898	36.4
2	+3.242	+1.689	+1.082	+0.418	+3.656	27.52	+1.160	21.1
3	+2.802	+1.716	+0.807	+0.525	+3.286	31.48	+0.962	33.0
4	+3.162	+2.171	+1.116	+0.187	+3.836	34.47	+1.132	9.5
5	+3.150	+2.652	+0.308	-0.264	+4.117	40.09	+0.406	319.4
6	+2.984	+3.107	+0.084	-0.286	+4.308	46.16	+0.298	286.4
7	+2.459	+2.713	+0.231	-0.045	+3.662	47.82	+0.235	349.0
8	+2.830	+3.020	+0.410	+0.147	+4.139	46.86	+0.436	19.7
9	+2.962	+2.625	+0.656	+0.214	+3.957	41.55	+0.690	18.1
10	+2.295	+2.379	+0.753	+0.060	+3.306	46.03	+0.756	4.6
11	+2.277	+2.625	+0.761	+0.205	+2.943	39.32	+0.788	15.1
1—5	+3.055	+1.838	+0.807	+0.280	+3.565	31.02	+0.854	19.1
6—11	+2.635	+2.745	+0.482	+0.049	+3.805	46.17	+0.484	5.8
1—11	+2.826	+2.332	+0.630	+0.153	+3.664	39.53	+0.648	13.6

Hier sind zunächst die Veränderungen in den Phasen  $M_1$  und  $M_2$  auffallend. In den  $M_1$  ist ein Anwachsen um etwa  $30^\circ$ , d. h. eine Verschiebung der Maxima dieses Gliedes um  $2^h$  von Anfang März bis Ende Juli, und darauffolgendes Abnehmen bemerkbar. Dagegen zeigen die Winkel  $M_2$  eine Veränderung im entgegengesetzten Sinne, mit einem Minimum zu annähernd derselben Epoche. Die Verschiebung der Maxima des zweiten Gliedes beträgt aber hier  $3^h—4^h$ . Es ist möglich, dass diese Aenderungen der Phasen in den fehlenden Monaten ihren Fortgang nehmen und somit in diesen Grössen eine jährliche Periode vorhanden ist.

Die Coefficienten zeigen eine ähnliche Veränderlichkeit; während der Coefficient  $m_1$  von Anfang März bis in den Juli hinein wächst und dann wieder abnimmt, nimmt umgekehrt der Coefficient  $m_2$  vom Anfang bis gegen Ende Juli hin ab, und zwar in viel stärkerem Maasse, als die betreffenden Veränderungen bei  $m_1$  betragen, um dann wieder bis in den September hinein zu wachsen.

Wir dürfen daher gegen Mitte oder Ende Juli einen Umkehrpunkt für alle Elemente der täglichen Bewegung erblicken. Auch ist auf den ersten Blick ersichtlich, dass das Verhältniss der Coefficienten  $\frac{m_1}{m_2}$  sehr viel grösseren Veränderungen unterworfen ist, als in Teneriffa, woraus wir

den Schluss ziehen dürfen, dass verschiedene Ursachen die tägliche Bewegung beeinflussen.

Obwohl nach dem Vorstehenden die tägliche Periode für Wilhelmshaven ziemlich beträchtliche Verschiebungen im Laufe des Jahres erleidet, und man deshalb, um einen mittleren Zustand darzustellen, der Beobachtungen eines vollen Jahres bedürfte, so habe ich doch die vorliegenden Zahlen zu einem Mittel zusammengezogen, nach welchem die in Fig. 4 (Taf. IV) eingezeichnete Curve construirt ist. Dabei sind noch folgende Glieder dritter und höherer Ordnung hinzugefügt, welche sich durch Substitution der Coefficienten und Vergleichung zwischen Rechnung und Beobachtung ergeben (Einheit  $0.01^p$ )

0 <sup>h</sup> — 13.5	6 <sup>h</sup> + 6.2	12 <sup>h</sup> + 5.5	18 <sup>h</sup> — 11.8
1 — 7.1	7 — 0.3	13 + 11.9	19 + 8.7
2 + 7.2	8 — 10.1	14 + 11.2	20 + 21.3
3 + 16.2	9 — 7.2	15 + 1.4	21 + 22.9
4 + 12.9	10 — 1.5	16 — 17.4	22 + 1.8
5 — 0.6	11 — 0.8	17 — 31.0	23 — 30.4.

Auch diese Curve ist in Fig. 5 (Taf. IV) neben denen für Teneriffa und Potsdam eingezeichnet, und zwar ähnelt sie denselben merkwürdig, wenn man die Vorzeichen umkehrt (auf die durch die entgegengesetzte Stellung der Instrumente bedingte Umkehrung der Vorzeichen ist schon Rücksicht genommen). Besonders auch das eigenthümliche Anwachsen des dritten Gliedes in den Vormittagsstunden ist in Wilhelmshaven ebenfalls bemerklich.<sup>1)</sup>

Alle diese Coincidenzen können als ebensoviele Beweise dafür gelten, dass, wie schon hervorgehoben wurde, die tägliche Periode keine locale, sondern eine ganz allgemein auf der Erdoberfläche sich geltend machende Erscheinung ist.

Da sich die Zeiten auf den Greenwicher Meridian beziehen, so sind in Folge des Längenunterschiedes von  $32.6^m$  die Winkel  $M_1$  und  $M_2$  um  $+8.15^\circ$  und  $+16.30^\circ$  bezw. zu ändern, um die Curve auf den Ortsmeridian zu reduciren.

---

<sup>1)</sup> Dieser Umstand ist deshalb bemerkenswerth, weil in Wilhelmshaven das Pendel nach Norden, also nach der entgegengesetzten Richtung zeigte.

Wir erhalten dann die Formel

$$+ 3.664 \cos(t - 47.7^\circ) + 0.648 \cos(2t - 29.9^\circ) +$$

den rückständigen Gliedern für die ganze Beobachtungsreihe. Maximum und Minimum der Curve liegen bei 2.6 und 16.9 Ortszeit. Für das erste Glied sind die betreffenden Zeiten 3.2 und 15.2, für das zweite Glied 1.0, 13.0 und 7.0, 19.0. Folgende Zahlen stellen die mittlere Tagescurve (der Einfachheit halber nach Greenwicher Zeit) dar.

Greenw. Zt.			Greenw. Zt.		
0 <sup>h</sup>	+ 3.33	+ 0.967	12 <sup>h</sup>	- 2.15	- 0.624
1	+ 3.89	+ 1.130	13	- 2.58	- 0.749
2	+ 4.13	+ 1.200	14	- 3.07	- 0.891
3	+ 3.96	+ 1.150	15	- 3.49	- 1.013
4	+ 3.38	+ 0.981	16	- 3.78	- 1.098
5	+ 2.50	+ 0.726	17	- 3.76	- 1.092
6	+ 1.76	+ 0.511	18	- 3.08	- 0.895
7	+ 0.89	+ 0.258	19	- 2.06	- 0.598
8	+ 0.07	+ 0.020	20	- 0.84	- 0.244
9	- 0.57	- 0.166	21	+ 0.43	+ 0.125
10	- 1.11	- 0.322	22	+ 1.48	+ 0.430
11	- 1.65	- 0.479	23	+ 2.30	+ 0.668.

Zur Uebertragung in Winkelwerth habe ich das Mittel der beiden Reductionsconstanten 0.2904 gewählt.

Da es sich hier um Veränderungen von so grossem Betrage handelt, dass dieselben auch bei gewöhnlichen astronomischen Beobachtungen nicht unbemerkt bleiben können (an manchen Tagen steigt die tägliche Amplitude auf 4"), so habe ich Herrn Professor Boergen gebeten, an dem benachbarten Meridiankreise zu passenden Zeiten während einer Reihe von Tagen Nivelirungen vornehmen zu lassen. Derselbe entsprach diesem Ansuchen auf das freundlichste und theilte mir folgende Resultate mit, in welchen ich einige nahe bei einander liegende Nivellirungen bereits in eine Zahl zusammengezogen habe. 1<sup>p</sup> des Niveaus entspricht 1.85.



Tagesbeobachtungen:			Nachtbeobachtungen:		
Datum	M. Zt. <sup>h</sup>	<i>i</i> <sup>p</sup>	Datum	M. Zt. <sup>h</sup>	<i>i</i> <sup>p</sup>
Juli 2.	23.75	-2.92	Juli 3.	9.50	-2.55
3.	23.87	-2.74	4.	13.13	-3.70
4.	23.92	-2.72	5.	12.42	-2.58
5.	23.97	-2.56	6.	9.33	-2.51
6.	23.80	-2.36	7.	13.43	-1.91
7.	23.92	-2.15	8.	13.08	-1.86
8.	23.80	-2.12	9.	14.67	-1.76
9.	23.87	-2.10	10.	14.00	-2.19
10.	23.92	-2.45	11.	11.60	-1.51
11.	23.92	-2.12	12.	13.05	-2.00
12.	23.83	-2.18	13.	14.80	-1.50
13.	23.87	-1.69	14.	14.03	-1.21
14.	23.87	-1.22	15.	12.80	-1.35
15.	23.83	-1.44	16.	10.60	-1.59
16.	23.83	-1.04	17.	12.37	-0.55
17.	23.73	-1.05	18.	12.53	-0.49
18.	24.18	-0.99	19.	12.58	-0.65
19.	23.83	-1.10	21.	10.95	-1.00
20.	23.90	-1.08	22.	12.42	-0.70
21.	23.87	-1.21	24.	14.05	-0.64
22.	23.85	-0.74	25.	12.87	-0.35
23.	23.87	-0.70	26.	12.29	-0.38
24.	23.83	-0.35	27.	14.13	-0.45
25.	23.87	-0.24	29.	12.82	-0.38
26.	23.80	-0.51	30.	13.33	-0.41
27.	23.82	+0.15	31.	11.54	-0.58
28.	23.93	-0.40	Aug. 1.	14.63	-0.95.
29.	23.83	-0.56			
30.	23.90	-0.44			
31.	23.83	-0.81			
Aug. 1.	23.83	-1.06			
2.	23.90	-1.01			
4.	23.88	-1.05			

Fasst man diese Beobachtungen zusammen, so findet man für die Tagesbeobachtungen

$$\text{Juli 17. } 23.87^{\text{h}} \quad i - 1.36^{\text{p}}$$

und für die Nachtbeobachtungen

$$\text{Juli 17. } 12.70^{\text{h}} \quad i - 1.32^{\text{p}},$$

zwischen diesen beiden Zahlen ist kein merklicher Unterschied vorhanden. Da nun aber doch in einzelnen aufeinander folgenden Ablesungen eine systematische Differenz angedeutet ist, so bildete ich die Differenzen Nacht- — Tages-Beobachtungen, wie folgt

Juli 3.	$+0.19^{\text{p}}$	Juli 12.	$+0.18^{\text{p}}$	Juli 22.	$+0.04^{\text{p}}$
4.	$-0.98$	13.	$+0.19$	24.	$-0.29$
5.	$-0.02$	14.	$+0.01$	25.	$-0.11$
6.	$-0.15$	15.	$+0.09$	26.	$+0.13$
7.	$+0.24$	16.	$-0.55$	27.	$-0.60$
8.	$+0.26$	17.	$+0.50$	29.	$+0.18$
9.	$+0.34$	18.	$+0.50$	30.	$+0.03$
10.	$+0.26$	19.	$+0.45$	31.	$+0.23$
11.	$+0.61$	21.	$+0.21$	Aug. 1.	$+0.11.$

Wir haben hier unter 27 Werthen 20 positive und im Mittel folgt die Differenz  $+0.076^{\text{p}} = +0.14''$ . Hiernach ist, obwohl das Resultat offenbar sehr unsicher bleibt, doch angedeutet, dass das Westende der Axe gegen Mitternacht etwas höher liegt, als zu Mittag. Aus den Pendelbeobachtungen erhalten wir dagegen für die entsprechende Periode (Gruppe 6—8) die Formel

$$+ 4.04^{\text{p}} \cos(t - 3.67^{\text{h}}) + 0.25^{\text{p}} \cos(2t - 0.13^{\text{h}}).$$

Hieraus folgen die Ablenkungen für

$$\begin{aligned} 12.70^{\text{h}} & - 0.74 \text{ (West)} \\ 23.87^{\text{h}} & + 0.69 \text{ (Ost),} \end{aligned}$$

d. h. es müsste hiernach das Pendel von  $12.70^{\text{h}}$  bis  $23.87^{\text{h}}$  um  $1.43''$  von West nach Ost wandern. Um ebensoviel, d. h. etwa  $0.8^{\text{p}}$ , müsste sich mithin die Neigung der Achse des Meridianinstruments vergrößern. Die Nivellirungen

ergeben aber dem Sinne nach eine umgekehrte, dem Betrage nach fast unmerkliche Aenderung.

Man wird nun sagen können, dass die Beobachtungen am Niveau sich nicht messen können mit denen an einem so empfindlichen Instrument, wie das Horizontalpendel. 1<sup>p</sup> des Niveaus repräsentirt in der Ordinate der photographischen Curve 33 mm, ferner ist bekannt, dass besonders bei älteren Niveaus — ob das Wilhelmshavener zu diesen gehört, weiss ich nicht — sehr störende Anomalien auftreten, welche die Ablesungen, soweit es sich um geringe Grössen handelt, fast illusorisch machen. Dennoch glaube ich, dass, wenn nicht die Temperatureinflüsse in den oberen Theilen des Pfeilers die fragliche Erscheinung verdecken, dieselbe bei dem Hauptpfeiler des Meridiankreises in der That nicht in diesem Grade vorhanden ist. Dies führt zu der Annahme, dass, da der Meridianpfeiler in einer sehr viel tieferen und solideren Schicht fundirt ist, als der Pendelpfeiler, nur die oberen Erdschichten in Wilhelmshaven an der durch das Pendel angedeuteten Bewegung Theil nehmen, mit der Beschränkung, dass dies vielleicht nur für einen Theil der offenbar durch verschiedene Einflüsse bestimmten Bewegung gilt. Ob sich ähnliche Bewegungen, wie sie hier bemerkt wurden, auch in grösseren Tiefen finden, wird hoffentlich über kurz oder lang durch directe Beobachtung entschieden werden. Hängen sie mit der Bodentemperatur zusammen, so müssten sie schon in wenigen Metern Tiefe verschwinden. Dass die meisten Meridiankreispeiler unter ihrem Einflusse stehen, ist in Anbetracht der günstigen Aufstellung der Pendelapparate sehr wahrscheinlich. Die bisherigen Untersuchungen über die Stabilität astronomischer Instrumente ergeben zwar in einzelnen Fällen Uebereinstimmung mit den durch das Pendel gewonnenen Resultaten, weichen aber doch im Allgemeinen von einander so sehr ab, dass man nicht umhin kann, in den meisten Fällen starke locale Einflüsse vorauszusetzen.<sup>1)</sup>

Aus dem Fortgange dieser Untersuchungen wird sich ergeben, dass die Bewegungen des Pendels stark von dem Gange des Luftdrucks beeinflusst werden, und zwar derart, dass einer Vermehrung des Luftdrucks um 1 mm eine nach Osten gerichtete Bewegung des Pendels von fast genau 1<sup>p</sup> der Scala

---

<sup>1)</sup> In der ersten Hälfte des VIII. Abschnitts ist eine Zusammenstellung solcher Untersuchungen mitgetheilt.

entspricht. Ich habe nun für die Monate März bis Mai, für welche mir Einsicht in die Ablesungen der Barographencurven gestattet werden konnte, die tägliche Periode des Luftdrucks berechnet. Die mittleren Barometerstände sind folgende:

M. Zt.	mm	M. Zt.	mm	M. Zt.	mm	M. Zt.	mm
0 <sup>h</sup>	757.90	6 <sup>h</sup>	757.47	12 <sup>h</sup>	757.80	18 <sup>h</sup>	757.57
1	757.77	7	757.57	13	757.73	19	757.60
2	757.63	8	757.73	14	757.67	20	757.70
3	757.47	9	757.80	15	757.60	21	757.80
4	757.37	10	757.83	16	757.53	22	757.87
5	757.40	11	757.83	17	757.53	23	757.90.

Aus diesen Zahlen folgt die tägliche Schwankung des Barometers

$$+ 0.042 \overset{\text{mm}}{\cos} (t - 269^\circ) + 0.210 \overset{\text{mm}}{\cos} (2t - 321^\circ)$$

bezogen auf den mittleren Mittag, während die Formel für das Pendel

$$+ 3.565 \overset{p}{\cos} (t - 39.2^\circ) + 0.854 \overset{p}{\cos} (2t - 35.4^\circ)$$

ist.

Aus der Vergleichung dieser Formeln ist zu ersehen, dass die Oscillation des Luftdrucks die tägliche Bewegung des Pendels nicht erklärt, obwohl aus dem oben angeführten Grunde anzunehmen ist, dass die letztere ein der ersteren entsprechendes Glied enthält.

Die Amplituden der täglichen Bewegung des Pendels sind einer ähnlichen Untersuchung unterworfen, wie diejenigen der Beobachtungen in Teneriffa. Es würde zu weit führen, die langen Zahlenreihen, sowie die zur Vergleichung benutzten meteorologischen Daten hierher zu setzen. Die letzteren sind den monatlichen Zusammenstellungen des Wilhelmshavener Observatoriums in den „Annalen der Hydrographie etc.“ entnommen. Die aus den ursprünglichen Pendelbeobachtungen interpolirten, von periodischen Gliedern unabhängigen Zahlen haben weiterhin bei der Untersuchung der Bewegung des Nullpunktes Verwendung gefunden.

Für die Amplituden ergibt die Vergleichung mit der täglichen Temperaturoscillation  $\vartheta$  (in Graden Celsius) Folgendes:

Zahl der Beobachtungen	$\vartheta$ <sup>o</sup>	Amplitude <sup>p</sup>	Grenzen derselben
4	1.55	5.72	4.7 und 7.7
2	2.20	5.95	5.6 „ 11.9
4	3.45	6.55	4.5 „ 8.4
19	4.48	8.08	5.1 „ 11.5
24	5.45	7.11	3.9 „ 10.9
28	6.47	7.96	3.8 „ 12.3
22	7.46	7.77	5.1 „ 10.4
13	8.37	8.24	3.3 „ 12.1
6	9.52	9.68	7.7 „ 11.4
8	10.31	10.17	7.5 „ 11.7
4	11.28	9.40	9.1 „ 9.9.

In diesen Zahlen haben wir, wie vorher in Teneriffa, die Thatsache deutlich ausgesprochen, dass die Amplitude der Pendelbewegung wächst, wenn die Oscillation der Temperatur grösser wird. Allerdings ist hervorzuheben, dass sich dieses Resultat fast ausschliesslich auf die extremen, nur auf wenigen Beobachtungen beruhenden Werthe der obigen Tabelle gründet, während die mittleren, besser verbürgten Zahlen keinen merklichen Gang zeigen. Keinesfalls ist also die Beziehung zwischen den beiden Elementen eine so innige, wie in Teneriffa, oder wie sie sich auch für Potsdam ergeben wird. Vergleicht man endlich die Grenzen der in jeder Gruppe enthaltenen Beobachtungen, so zeigt sich, dass dieselben auch hier ziemlich weit auseinander liegen. Die Intensität der Sonnenstrahlung, für welche wir die Zahlen  $\vartheta$  als ein ungefähres Maass betrachten dürfen, ist daher offenbar nur zum Theil bestimmend für die Grösse der täglichen Bewegung des Pendels. Wenn die Beobachtungen vom Juni an nach ihren Gruppen zusammengefasst werden, so bleibt sogar keine merkliche Beziehung zwischen der Amplitude und der Temperaturschwankung bestehen, wie folgende Zahlen beweisen:

Gruppe	Amplitude <sup>p</sup>	$\vartheta$ <sup>o</sup>
6	7.84	6.23
7	7.47	7.00
8	8.21	7.10
9	8.30	6.73
10	6.97	6.58
11	7.29	7.24
Mittel	7.68 (= 2.23)	6.81.

Obwohl vielleicht nur auf Zufall beruhend, ist doch die Aehnlichkeit auffallend, welche zwischen der täglichen Periode der Pendelbewegung und der täglichen Variation der magnetischen Declination besteht. Um die Vergleichung dieser beiden Elemente etwas genauer ausführen zu können, hat mir der Assistent des Observatoriums in Wilhelmshaven, Herr Stück, freundlicherweise die noch nicht veröffentlichten stündlichen Werthe der Variation für die Monate März bis September und die Jahre 1883—1888 mitgetheilt. Aus diesen Zahlen habe ich folgende Mittelwerthe gebildet, welche die mittlere Variation für die genannten Monate und Jahre in Bogenminuten (+ westlich, — östlich) geben.

0 <sup>h</sup> + 5.67	6 <sup>h</sup> — 0.18	12 <sup>h</sup> — 1.63	18 <sup>h</sup> — 3.22
1 + 6.72	7 — 0.57	13 — 1.75	19 — 3.49
2 + 6.14	8 — 0.93	14 — 1.88	20 — 3.46
3 + 4.52	9 — 1.06	15 — 1.77	21 — 2.12
4 + 2.56	10 — 1.35	16 — 2.32	22 + 0.17
5 + 0.95	11 — 1.44	17 — 2.88	23 + 3.19.

Hieraus folgt die Formel für die tägliche Variation in Wilhelmshaven

$$+ 3.49 \cos (t - 37.3^\circ) + 2.40 \cos (2t - 37.1^\circ) + 0.99 \cos (3t - 33.7^\circ),$$

das Maximum dieser Formel liegt bei nahe  $1\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> Ortszeit. Für das Pendel haben wir, wenn aus den übrig bleibenden Abweichungen das dritte Glied berechnet wird, für Ortszeit

$$+ 3.664 \cos (t - 47.7^\circ) + 0.648 \cos (2t - 29.9^\circ) + 0.151 \cos (3t - 218^\circ).$$

Die graphische Darstellung beider Curven ist in Fig. 4 (Taf. IV) enthalten. Das Pendel erreicht nahe zu derselben Zeit die östliche Elongation, wenn die Magnetnadel in die westliche eintritt. Die entgegengesetzten Phasen stimmen weniger überein, indem die östliche Elongation der Magnetnadel etwa 3<sup>h</sup> nach der westlichen des Pendels stattfindet. Auch ist das secundäre Maximum in der magnetischen Curve sehr viel stärker hervortretend. In dieser Hinsicht ist allerdings auch das Verhalten des Pendels ein sehr ungleiches, indem an vielen Tagen das secundäre Maximum in der Pendelcurve sehr augenfällig hervortritt.

Ich habe auch die Amplituden verglichen, obwohl dieselben verschiedenen Jahren angehören (die magnetischen Beobachtungen für 1889 waren noch nicht bearbeitet), und Folgendes gefunden:

Monat	Amplitude der täglichen Variation 1883—88	Amplitude der täglichen Bewegung des Pendels
März	9.77	2.37
April	11.42	2.34
Mai	10.85	2.78
Juni	11.68	—
Juli	11.48	2.30
August	10.47	2.45
September	9.53	2.14.

Auch hier entsprechen sich beide Elemente insofern, als in beiden zu Anfang des Sommers das Maximum eintritt. Da ich zufällig die Washingtoner magnetischen Beobachtungen zur Hand hatte, so habe ich auch für diese die Formel abgeleitet, sie lautet für die sechs Monate März bis Mai, Juli bis September 1889

$$+ 2.06 \cos (t - 34.7^\circ) + 1.85 \cos (2t - 9.4^\circ)$$

nach Wash. M. Zt. Die mittleren Amplituden dagegen sind

März	5.4
April	7.1
Mai	7.9
Juni	8.3
Juli	8.7
August	9.5
September	9.1.

Bei dem Zusammenhange, den wir zwischen der Intensität der Sonnenstrahlung und der Amplitude der Bewegung des Pendels aufgefunden haben, dürfte es nicht ausgeschlossen sein, dass eine auf correspondirendes Material gegründete Vergleichung zwischen den beiderseitigen Bewegungen einen engeren Zusammenhang zwischen denselben erkennen liesse.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Vergl. Zöllner, Nr. 57, wo es heisst: „Systematische und gleichzeitig in verschiedenen Verticalkreisen angestellte Beobachtungen mit dem Horizontalpendel und ihre Vergleichung mit den Ablesungen der magnetischen Instrumente werden uns ein sehr werthvolles Beobachtungsmaterial liefern, dessen Discussion die enge Beziehung zwischen den mechanischen, magnetischen und elektrischen Vorgängen unseres Planeten in ein klar erkanntes Causalverhältniss verwandeln wird. Wir gelangen hierdurch in den Besitz einer ausserordentlich reichhaltigen und mannigfaltigen Zeichensprache, deren Deutung uns dereinst vielleicht in ebenso vollkommener Weise eine anschauliche Vorstellung von den Vorgängen unter der Erde verschaffen wird, wie dies die Zeichensprache der Sinne, besonders durch Vermittelung des Lichts bei den Vorgängen über der Erde gethan hat.“

### 3. Potsdam.

Da die Mondglieder für Potsdam, wie an anderer Stelle nachgewiesen worden ist, fast verschwindend sind, so habe ich die Beobachtungen in 9—10tägige Mittel vereinigt (siehe Tabellen auf Seite 128, 129 und 130), aus welchen wie früher die Coefficienten berechnet wurden. Ueber dieselben ist wenig zu bemerken, eine ausgesprochene Periodicität ist in denselben nicht wahrzunehmen, nur in den  $m_1$ ,  $m_2$  ist ein Maximum im Mai angedeutet, welches, wie die Vergleichung mit den entsprechenden mittleren Temperaturoscillationen  $\vartheta$  ergibt, dem Gange derselben entspricht. In den Phasenwinkeln  $M_1$ ,  $M_2$  erreichen die grössten Abweichungen zweier Gruppen noch nicht  $30^\circ$ , so dass die tägliche Periode einen etwas constanteren Charakter trägt, als an den beiden anderen Orten.<sup>1)</sup>

Im Mittel erhalten wir aus allen diesen Beobachtungen die Formel  
 $+ 1.132 \cos(t - 266.42) + 0.309 \cos(2t - 264.73) + 0.086 \cos(3t - 268.76)$   
 bezogen auf Greenwicher Zeit. Das dritte Glied ist durch Vergleichung der

<sup>1)</sup> Nach Beendigung der ersten Hälfte der Beobachtungen, welche in den ersten 7 Gruppen zusammengefasst sind, führte ich, ehe noch die Grösse des Mondgliedes für Potsdam bekannt war, folgende Rechnung aus, deren Resultat immerhin merkwürdig genug erscheint.

Die Beobachtungen wurden derart zusammengezogen, dass immer die Tage mit nahe übereinstimmenden, bezw. um  $12^h$  verschiedenen Culminationszeiten des Mondes zu Mittelwerthen vereinigt wurden. Es entstanden dadurch 14 Gruppen von je 24 Werthen, für welche einzeln die Coefficienten der harmonischen Glieder berechnet wurden. Diese Rechnung ergab, in demselben Sinne wie oben, folgende Zahlen, denen die jeder Gruppe entsprechenden Mondculminationszeiten beigefügt sind:

Gruppe	Zahl der Tage	C.-Zt.	$m_1$	$M_1$	$m_2$	$M_2$
I	5	11.7 <sup>h</sup>	+ 1.289	271.3 <sup>o</sup>	+ 0.231	278.1 <sup>o</sup>
II	6	0.4	+ 1.292	264.0	+ 0.423	269.1
III	8	1.3	+ 1.694	264.1	+ 0.403	263.7
IV	8	2.1	+ 1.599	266.9	+ 0.453	275.6
V	10	2.9	+ 1.491	270.7	+ 0.445	272.5
VI	8	3.8	+ 1.525	274.1	+ 0.490	278.7
VII	7	4.7	+ 1.795	272.0	+ 0.582	278.8
VIII	5	5.5	+ 1.653	272.4	+ 0.605	279.1
IX	4	6.6	+ 1.565	272.2	+ 0.412	280.5
X	7	7.1	+ 1.588	269.9	+ 0.446	276.7
XI	7	8.1	+ 1.536	273.0	+ 0.502	279.7
XII	6	8.9	+ 1.332	273.2	+ 0.438	273.0
XIII	7	9.9	+ 1.206	272.8	+ 0.355	260.8
XIV	7	10.6	+ 1.275	271.6	+ 0.347	264.5



Beobachtungen mit den aus den beiden ersten sich ergebenden Zahlen berechnet. Die Differenzen im Sinne Beobachtung — Rechnung und in Einheiten von  $0.01^p$  sind folgende:

$0^h + 11.1$	$6^h + 8.7$	$12^h + 0.6$	$18^h - 7.4$
1 — 5.4	7 + 3.9	13 + 5.3	19 — 4.8
2 — 12.5	8 — 3.2	14 + 8.1	20 + 1.5
3 — 9.8	9 — 6.8	15 + 5.4	21 + 7.6
4 + 1.8	10 — 6.9	16 + 0.2	22 + 7.9
5 + 8.8	11 — 4.6	17 — 6.9	23 — 3.6.

Wird die obige Formel wegen des Längenunterschiedes von  $52^m$  reducirt und das Vorzeichen aller Glieder umgekehrt, da in Potsdam die den westlichen Ablenkungen entsprechenden Ablesungen die grösseren sind, so erhalten wir in Ortszeit die Formel

$$+ 1.132 \cos(t - 99.42) + 0.309 \cos(2t - 110.73) + 0.086 \cos(3t - 130.76),$$

Diese Coefficienten weisen eine unverkennbare Periodicität auf. Vereinigt man nun je zwei um  $6^h$  in den Culminationszeiten von einander verschiedene Gruppen mit einander und berechnet von Neuem die Coefficienten, so verschwindet, wie nachstehende Tabelle zeigt,

Gruppen	Zahl der Tage	Mitte der C.-Zt.	$m_1$	$M_1$	$m_2$	$M_2$
I—VIII	10	$2.6^h$	+ 1.471	271.8	+ 0.418	278.3
II—IX	10	3.5	+ 1.424	268.5	+ 0.420	274.8
III—X	15	4.2	+ 1.636	267.0	+ 0.422	270.5
IV—XI	15	5.1	+ 1.563	269.9	+ 0.477	277.8
V—XII	16	5.9	+ 1.410	272.7	+ 0.441	272.7
VI—XIII	15	6.9	+ 1.366	273.6	+ 0.416	271.6
VII—XIV	14	7.7	+ 1.532	271.7	+ 0.462	273.4

diese Periodicität besonders in den Coefficienten  $m_2$  nahezu vollständig. Da die Beobachtungen jeder Gruppe naturgemäss gleichmässig über die ganze Reihe vertheilt sind, so müssen die mittleren Temperaturoscillationen nur geringe Unterschiede aufweisen.

Auf Grund dieses Ergebnisses wurde bei der Untersuchung über den Einfluss des Mondes ein positives Resultat, und zwar eine halbtägige Welle mit einem Coefficienten von mindestens  $0.15^p$  erwartet. Das Resultat entsprach aber dieser Annahme nicht. Da man die durch die Vereinigung der Beobachtungen in den Coefficienten  $m_1$  und  $m_2$  erzielte Uebereinstimmung aber nicht für zufällig halten kann, so bliebe nur die Hypothese, dass die Amplitude der täglichen Periode vom Monde beeinflusst wird, und zwar am grössten ist, wenn derselbe in den Vierteln steht, am kleinsten dagegen bei Neu- und Vollmond.

Es wird auf diesen Gegenstand zurückzukommen sein, sobald einmal eine über ein volles Jahr sich erstreckende Beobachtungsreihe vorliegt. — Siehe Anmerkung auf Seite 134.

## Tägliche Periode, 9—10 tägige Gruppenmittel (Potsdam).

Gr. Zt.	1. April 1.—10.	2. April 11.—19.	3. April 20.—29.	4. Apr. 30.—Mai 8.	5. Mai 9.—18.	6. Mai 19.—27.	7. Mai 28.—Juni 6.	8. Juni 18.—25.	9. Juni 26.—Juli 4.
0 <sup>h</sup>	34.45 —169	64.48 —103	78.51 —97	87.98 —40	87.46 +37	73.60 +94	50.98 +83	13.30 —37	16.94 —74
1	34.38 —176	64.23 —128	77.79 —169	86.91 —147	86.78 —31	72.51 —15	50.10 —5	12.85 —82	16.43 —125
2	34.22 —192	63.86 —165	77.43 —205	86.20 —218	86.20 —89	71.77 —89	49.47 —68	12.56 —111	16.07 —161
3	34.11 —203	63.63 —188	77.27 —221	85.88 —250	85.83 —126	71.37 —129	49.17 —98	12.44 —123	15.91 —177
4	34.17 —197	63.59 —192	77.39 —209	85.97 —241	85.73 —136	71.38 —128	49.13 —102	12.43 —124	15.94 —174
5	34.31 —183	63.82 —169	77.57 —191	86.17 —221	85.81 —128	71.43 —123	49.17 —98	12.52 —115	16.04 —164
6	34.54 —160	64.03 —148	77.91 —157	86.44 —194	85.97 —112	71.48 —118	49.20 —95	12.60 —107	16.19 —149
7	34.91 —123	64.28 —123	78.20 —128	86.71 —167	86.09 —100	71.62 —104	49.27 —88	12.77 —90	16.40 —128
8	35.14 —100	64.49 —102	78.53 —95	86.99 —139	86.27 —82	71.73 —93	49.38 —77	12.96 —71	16.63 —105
9	35.42 —72	64.72 —79	78.86 —62	87.39 —99	86.43 —66	71.94 —72	49.47 —68	13.16 —51	16.87 —81
10	35.67 —47	65.00 —51	79.19 —29	87.70 —68	86.63 —46	72.20 —46	49.65 —50	13.34 —33	17.11 —57
11	35.92 —22	65.28 —23	79.45 —3	88.01 —37	86.84 —25	72.49 —17	49.82 —33	13.54 —13	17.38 —30
12	36.22 +8	65.57 +6	79.73 +25	88.37 —1	87.00 —9	72.64 —2	50.00 —15	13.75 +8	17.67 —1
13	36.53 +39	65.83 +32	80.00 +52	88.76 +38	87.23 +14	72.82 +16	50.23 +8	13.90 +13	17.94 +26
14	36.83 +69	66.08 +57	80.26 +78	89.09 +71	87.44 +35	73.00 +34	50.43 +28	14.09 +42	18.22 +54
15	37.11 +97	66.33 +82	80.52 +104	89.39 +101	87.65 +56	73.19 +53	50.61 +46	14.23 +56	18.50 +82
16	37.36 +122	66.56 +105	80.78 +130	89.79 +141	87.84 +75	73.39 +73	50.76 +61	14.40 +73	18.78 +110
17	37.64 +150	66.76 +125	80.99 +151	90.12 +174	88.02 +93	73.63 +97	50.93 +78	14.63 +96	19.01 +133
18	37.86 +172	67.12 +161	81.24 +176	90.51 +213	88.24 +115	73.86 +120	51.14 +99	14.81 +114	19.24 +156
19	38.03 +189	67.27 +176	81.43 +195	90.87 +249	88.41 +132	74.04 +138	51.29 +114	14.99 +132	19.50 +182
20	38.15 +201	67.37 +186	81.49 +201	91.03 +265	88.47 +138	74.12 +146	51.37 +122	15.11 +144	19.64 +196
21	38.16 +202	67.38 +187	81.42 +194	90.84 +246	88.34 +125	73.94 +128	51.18 +103	14.98 +131	19.64 +196
22	38.15 +201	67.34 +183	81.09 +161	90.36 +198	88.01 +92	73.38 +72	50.81 +66	14.64 +97	19.36 +168
23	37.99 +185	67.23 +172	80.43 +95	89.54 +116	87.47 +38	72.41 —25	49.97 —18	14.06 +39	18.90 +122
Mittel	36.14	65.51	79.48	88.38	87.09	72.66	50.15	13.67	17.68

Gr. Zt.	10. Juli 5. — 13.	11. Juli 26. — Aug. 3.	12. August 4. — 12.	13. August 13. — 21.	14. August 22. — 30.	15. Aug. 31. — Sept. 8.	16. Sept. 9. — 17.	17. Sept. 18. — 25.
0 <sup>b</sup>	30.02 — 66	12.60 — 41	18.36 — 74	22.63 — 11	24.80 — 42	25.61 — 52	31.93 — 55	41.06 — 52
1	29.66 — 102	12.00 — 101	17.99 — 111	22.17 — 57	24.13 — 109	24.86 — 127	31.50 — 98	40.75 — 83
2	29.40 — 128	11.62 — 139	17.70 — 140	21.81 — 93	23.91 — 131	24.32 — 181	31.21 — 127	40.42 — 116
3	29.27 — 141	11.49 — 152	17.50 — 160	21.71 — 103	23.88 — 134	24.22 — 191	31.08 — 140	40.29 — 129
4	29.29 — 139	11.59 — 142	17.61 — 149	21.70 — 104	24.09 — 113	24.36 — 177	31.16 — 132	40.36 — 122
5	29.36 — 132	11.73 — 128	17.77 — 133	21.77 — 97	24.18 — 104	24.58 — 155	31.30 — 118	40.52 — 106
6	29.50 — 118	11.88 — 113	17.94 — 116	21.89 — 85	24.33 — 89	24.84 — 129	31.52 — 96	40.74 — 84
7	29.63 — 105	12.07 — 94	18.17 — 93	22.07 — 67	24.48 — 74	25.07 — 106	31.69 — 79	40.92 — 66
8	29.84 — 84	12.22 — 79	18.40 — 70	22.23 — 51	24.68 — 54	25.32 — 81	31.84 — 64	41.09 — 49
9	30.03 — 65	12.42 — 59	18.61 — 49	22.40 — 34	24.86 — 36	25.57 — 56	32.00 — 48	41.26 — 32
10	30.23 — 45	12.60 — 41	18.81 — 29	22.56 — 18	25.06 — 16	25.80 — 33	32.18 — 30	41.42 — 16
11	30.48 — 20	12.81 — 20	19.06 — 4	22.74 — 0	25.23 — 1	26.04 — 9	32.34 — 14	41.60 — 2
12	30.74 — 6	13.03 — 2	19.26 — 16	22.89 — 15	25.40 — 18	26.28 — 15	32.52 — 4	41.76 — 18
13	31.02 — 34	13.31 — 30	19.48 — 38	23.04 — 30	25.56 — 34	26.50 — 37	32.70 — 22	41.90 — 32
14	31.29 — 61	13.54 — 53	19.69 — 59	23.19 — 45	25.76 — 54	26.72 — 59	32.88 — 40	42.02 — 44
15	31.47 — 79	13.76 — 75	19.90 — 80	23.30 — 56	25.91 — 69	26.96 — 83	33.06 — 58	42.12 — 54
16	31.62 — 94	13.99 — 98	20.09 — 99	23.41 — 67	26.08 — 86	27.19 — 106	33.23 — 75	42.26 — 68
17	31.79 — 111	14.16 — 115	20.23 — 113	23.53 — 79	26.18 — 96	27.39 — 126	33.39 — 91	42.36 — 78
18	31.97 — 129	14.34 — 133	20.38 — 128	23.60 — 86	26.30 — 108	27.56 — 143	33.54 — 106	42.45 — 87
19	32.10 — 142	14.48 — 147	20.44 — 134	23.67 — 93	26.37 — 115	27.68 — 155	33.70 — 122	42.55 — 97
20	32.13 — 145	14.51 — 150	20.49 — 139	23.63 — 89	26.40 — 118	27.78 — 165	33.82 — 134	42.61 — 103
21	32.09 — 141	14.38 — 137	20.44 — 134	23.53 — 79	26.20 — 98	27.76 — 163	33.84 — 136	42.61 — 103
22	31.83 — 115	14.11 — 110	20.22 — 112	23.29 — 55	26.02 — 80	27.54 — 141	33.72 — 124	42.52 — 94
23	31.46 — 78	13.67 — 66	19.87 — 77	22.92 — 18	25.57 — 35	27.14 — 101	33.37 — 89	42.26 — 68
Mittel	30.68	13.01	19.10	22.74	25.22	26.13	32.48	41.58

## Tägliche Periode (Potsdam).

Gruppe	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$m_1$	$M_1$	$m_2$	$M_2$	$\frac{m_1}{m_2}$	$\vartheta$
1	-0.048	-0.809	-0.005	-0.160	+0.810	266.60	+0.160	268.2	5.1	5.7 <sup>0</sup>
2	+0.043	-0.959	+0.054	-0.233	+0.960	272.57	+0.239	283.1	4.0	5.6
3	-0.262	-1.345	-0.052	-0.396	+1.370	248.98	+0.399	262.5	3.4	9.3
4	-0.017	-1.909	-0.067	-0.563	+1.909	269.49	+0.567	263.2	3.4	13.1
5	+0.065	-1.282	+0.010	-0.337	+1.283	272.90	+0.337	271.7	3.8	10.6
6	+0.012	-1.714	-0.037	-0.496	+1.714	270.40	+0.497	265.7	3.4	12.0
7	+0.081	-1.412	-0.051	-0.371	+1.414	273.28	+0.375	262.2	3.8	11.2
8	-0.059	-1.047	-0.070	-0.301	+1.048	266.77	+0.309	257.9	3.4	10.4
9	+0.042	-1.161	-0.020	-0.281	+1.162	272.07	+0.281	265.9	4.1	9.9
10	-0.066	-0.966	-0.025	-0.163	+0.968	266.09	+0.165	261.3	5.9	9.1
11	-0.090	-1.102	-0.078	-0.296	+1.106	265.33	+0.306	255.2	3.6	9.7
12	-0.185	-1.095	-0.040	-0.279	+1.111	260.49	+0.282	261.8	3.9	9.6
13	-0.180	-1.006	-0.028	-0.371	+1.022	259.85	+0.372	265.7	2.7	8.5
14	-0.227	-0.877	-0.079	-0.230	+0.906	255.59	+0.243	251.0	3.7	8.7
15	-0.142	-1.076	-0.011	-0.284	+1.085	262.48	+0.284	267.8	3.8	10.8
16	-0.029	-0.774	-0.010	-0.248	+0.775	267.85	+0.248	267.7	3.1	9.2
17	-0.138	-0.672	+0.027	-0.217	+0.686	258.40	+0.219	277.1	3.1	7.8

welche uns eine vollkommene Darstellung der Beobachtungen giebt. Maximum und Minimum dieser Curve liegen bei etwa 5<sup>h</sup> und 21<sup>h</sup> Ortszeit. In Winkelmaass übertragen werden die Ordinaten folgende:

Gr. Zt.			Gr. Zt.		
0 <sup>h</sup>	+0.10 <sup>p</sup>	+0.020 <sup>"</sup>	12 <sup>h</sup>	-0.04 <sup>p</sup>	-0.008 <sup>"</sup>
1	+0.60	+0.120	13	-0.25	-0.050
2	+0.99	+0.198	14	-0.43	-0.086
3	+1.22	+0.244	15	-0.60	-0.120
4	+1.26	+0.252	16	-0.76	-0.152
5	+1.18	+0.236	17	-0.92	-0.184
6	+1.02	+0.204	18	-1.07	-0.214
7	+0.84	+0.168	19	-1.19	-0.238
8	+0.67	+0.134	20	-1.23	-0.246
9	+0.50	+0.100	21	-1.12	-0.224
10	+0.34	+0.068	22	-0.84	-0.168
11	+0.15	+0.030	23	-0.41	-0.082

Diese Curve ist wie die anderen in Fig. 4 dargestellt, ebenso sind die Glieder dritten Grades in Fig. 5 eingetragen. Auf die Uebereinstimmung derselben mit den Curven für Teneriffa ist bereits hingewiesen worden.

Die Amplituden sind wie früher berechnet, nachdem die Nullpunkte für die entsprechenden Epochen interpolirt waren. Das Vergleichsmaterial bilden die meteorologischen Beobachtungen des astrophysikalischen Observatoriums, von denen ich auch die Bewölkungszahlen (0—10) benutzt habe, und zwar das Mittel der dreimal täglich gemachten Notirungen. Ich setze sogleich die mittleren Resultate her

$\alpha$ = Amplitude	$\vartheta$ = Temp.-Max. — Min.	Bewölkung	Zahl der Tage	Grenzen der $\vartheta$
0.71	+ 5.68 C.	9.1	10	4.3 — 8.1
1.48	+ 7.06	8.1	38	2.7 — 11.5
2.42	+ 9.44	6.5	41	6.1 — 14.7
3.38	+ 10.41	4.9	31	5.1 — 14.4
4.34	+ 12.24	3.4	22	9.1 — 14.8
5.45	+ 14.02	1.5	10	12.1 — 17.0 .

Aus diesen Zahlen ist sofort die enge Beziehung ersichtlich, die wie in Teneriffa zwischen den zu vergleichenden Elementen besteht. Mittels der beiden Formeln

$$\alpha = 3.07 + 0.591 (\vartheta - 10.0)$$

$$\alpha = 3.33 - 0.616 (B - 5.0),$$

in denen  $B$  die Bewölkung bezeichnet, lassen sich die beobachteten Zahlen fast genau darstellen, wie folgende Zahlen beweisen:

1. Formel	2. Formel	Beobachtung
0.53	0.81	0.71
1.36	1.54	1.48
2.74	2.41	2.42
3.32	3.27	3.38
4.40	4.32	4.34
5.44	5.49	5.45 .

Trotz dieser auffallenden Gesetzmässigkeit kommen doch gleich grosse Amplituden bei sehr weit auseinander liegenden Temperaturoscillationen vor. Entweder also es existiren noch andere Ursachen, welche die tägliche Be-

wegung des Pendels beeinflussen, oder was vielleicht das Wahrscheinlichere ist, die Uebereinstimmung zwischen beiden Elementen zeigt sich nur dann, wenn die localen meteorologischen Angaben den meteorologischen Verhältnissen eines grösseren Gebiets entsprechen. So finden wir z. B., dass, je klarer die Witterung ist — in welchem Falle dieselbe in der Regel sich über grössere Gebiete zu erstrecken pflegt — desto enger die Grenzen liegen, in denen sich für denselben Werth der Amplitude die meteorologischen Elemente halten. Bei unbeständiger Witterung mit wechselnder starker Bewölkung ist viel eher auf grössere locale Verschiedenheiten zu rechnen, wie das in der That durch die Beobachtungen besonders bei mittleren Bewölkungsverhältnissen angezeigt ist. —

Zusammenfassend kann ich als Ergebniss der Untersuchungen über die Amplitude an drei in geographischer und physikalischer Hinsicht verschiedenen Beobachtungsstationen hinstellen, dass dieselbe im Wesentlichen durch das Maass der Sonnenstrahlung bedingt wird. Hiernach halte ich es nicht für ausgeschlossen, dass in Zukunft bei eingehenderer Betrachtung auch die Sonnenfleckenperiode in den Bewegungen des Pendels sich documentiren wird.

Die in diesem Abschnitte behandelten Oscillationen der Lothlinie sind auf die zum Meridian senkrechte Ebene des ersten Verticals beschränkt. Aus den ersten Beobachtungen in Karlsruhe und den neueren in Strassburg geht aber hervor, dass in der Richtung des Meridians eine Oscillation ähnlicher Art stattfindet, deren Amplitude in Karlsruhe z. B. grösser zu sein scheint, als die der ersteren Oscillation.

Obwohl hier nur wenige Beobachtungen vorliegen, so lässt sich aus denselben doch entnehmen, dass die grösste südliche Abweichung gegen 7<sup>h</sup> Abends, die grösste nördliche gegen 20<sup>h</sup> eintritt und dass die Durchgänge durch die Nullebene um 1<sup>h</sup> und 14<sup>h</sup> ungefähr stattfinden. Die Curve selbst entspricht nahezu der einfachen Sinuscurve. Verbinden wir diese Epochen mit denjenigen, welche sich aus den Untersuchungen dieses Abschnittes im Mittel für die OW.-Oscillation ergeben, nämlich 3<sup>1/2</sup><sup>h</sup> für die östliche, 19<sup>h</sup> für die westliche Elongation und 10 und 22<sup>1/2</sup><sup>h</sup> für die Durchgänge durch die Meridianebene, so lässt sich ein ungefähres Bild der wahren Oscillation gewinnen. Indem wir die Abweichungen der Maxima und Minima der Curven zu beiden Seiten der Nulllinie gleich 1 setzen,

ferner für die Epochen der einen Oscillation die Ordinaten der anderen aus einer Curve entnehmen, erhalten wir die in Fig. 8 (Taf. I) hervorgehobenen 8 Punkte, welchen ein einfacher Curvenzug entspricht. Die Hauptachse desselben liegt in der Richtung NW.—SO. und nähert sich der OW.- oder der NS.-Richtung, je nachdem die Oscillation im ersteren oder letzteren Sinne überwiegt. In Anbetracht dessen, dass Beobachtungen im ersten Vertical bisher nur vereinzelt angestellt wurden und dass die gefundenen, einander ergänzenden Oscillationen verschiedenen Orten angehören, wäre es verfrüht, in eine Discussion der Curve einzutreten.

Die Frage, woher die tägliche Periode des Pendels stammt, habe ich bisher nicht zu beantworten vermocht. Locale Strahlungseinflüsse können, wie schon hervorgehoben wurde, nicht in Frage kommen. Trotz der durchaus verschiedenen Art der Aufstellung der Instrumente in Potsdam und Puerto Orotava erstreckt sich die Uebereinstimmung in der täglichen Periode bis auf das dritte harmonische Glied. Wäre es die Strahlung, welche unmittelbar die Erscheinung erzeugte, so hätte sich dieselbe in Orotava in sehr viel stärkerem Maasse äussern müssen, wo nicht nur die Kraft der Sonnenstrahlen eine sehr viel bedeutendere, sondern auch die Isolirung des Pendels eine viel ungünstigere war, als am anderen Orte.

Der Temperaturcoefficient der Neigung des Stativs, auf dessen Bedeutung im I. Abschnitt hingewiesen wurde, kann die gefundenen Resultate nur um ein Geringes modificiren.

Mit Rücksicht auf die Fundirung der Pfeiler in Wilhelmshaven und Potsdam ist es kaum möglich, anzunehmen, dass die tägliche Oscillation der Temperatur dieselben erreichen und damit das Niveau in irgend merklicher Weise beeinflussen sollte. Wir werden deshalb auf die Vermuthung geführt, dass die durch das Pendel angedeuteten Niveauschwankungen gleichzeitig ein grösseres Gebiet betreffen. Hierin bestärkt uns die Wahrnehmung, dass die Amplitude derselben nicht in jedem einzelnen Falle, sondern nur im Grossen und Ganzen der Sonnenstrahlung entspricht.

Für Diejenigen, welche diese Beobachtungen etwa aufnehmen sollten, wird es in erster Linie von Interesse sein, zu entscheiden, ob in den Tiefen unterhalb der Erdoberfläche, deren Temperatur von den Vorgängen ausserhalb

derselben nicht mehr berührt wird, die hier geschilderten Oscillationen noch bestehen.

Zum Schlusse möchte ich auf die eigenthümliche Thatsache hinweisen, dass in Puerto Orotava sehr häufig um die Zeit der westlichen Elongation des Pendels, und zwar immer innerhalb desselben ziemlich eng begrenzten Zeitintervalls, eine bestimmte Störung auftritt, welche in mehreren Fällen deutlich als wellenförmige Bewegung des Erdbodens erkannt wurde. Näheres darüber enthält der Abschnitt VII. <sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Nach Abschluss des Manuscriptes der vorliegenden Abhandlung wurde ich durch die Bearbeitung der Strassburger Beobachtungen auf eine merkwürdige Eigenschaft der täglichen Periode aufmerksam. Ich muss mich an dieser Stelle, da die Untersuchung noch nicht abgeschlossen ist, mit einem kurzen Hinweis begnügen. Die auf Seite 127 (Anmerkung) ausgesprochene Vermuthung, dass die tägliche Periode von der Stellung des Mondes abhängt, findet nämlich durch die neueren Beobachtungen ihre Bestätigung. Gruppirt man für Strassburg die Beobachtungstage nach den Zeiten der Mondculmination und berechnet Coefficienten und Phasen der harmonischen Glieder, so ergibt sich, dass die Coefficienten des ersten und dritten Gliedes der Oscillation im Meridian zu den Zeiten des Neu- und Vollmondes erheblich grösser sind, als in den Mondvierteln. Dieser Gang ist so deutlich ausgesprochen, dass an der Realität des Ergebnisses nicht zu zweifeln ist, obwohl es sich um sehr kleine Winkelgrössen handelt. Wie man sieht, ist das Verhältniss demjenigen entgegengesetzt, welches ich oben für die Oscillation im ersten Vertical angedeutet habe. Ich habe mich dadurch veranlasst gesehen, das in dieser Abhandlung mitgetheilte Beobachtungsmaterial einer erneuten sorgfältigen Discussion in der angegebenen Richtung zu unterziehen und kann es als vorläufiges Ergebniss derselben als sicher hinstellen, dass der Einfluss des Mondes auf die tägliche Periode in allen Fällen ein viel erheblicherer ist, als nach den bisherigen Ermittlungen angenommen werden konnte. Auch zeigte sich, dass die einfache Annahme eines halbtägigen Gliedes, auf welcher die Rechnung bisher beruhte, nicht statthaft ist. Die Mondglieder haben offenbar eine viel complicirtere Form und werden, was ich im Interesse späterer Beobachter bemerken möchte, sich jedenfalls nur durch längere Beobachtungsreihen von mindestens der Dauer eines Jahres ermitteln lassen. Für eine solche scheint mir das von mir benutzte Verfahren der Vereinigung von Tagen mit gleichen Mondculminationszeiten (aber ohne Vermischung von oberen und unteren Culminationen) vorläufig den Vorzug vor dem strengeren Verfahren der Gezeitentheorie zu verdienen. Was die Grösse der durch den Mond bedingten Oscillationen anbetrifft, so übersteigt dieselbe diejenigen Beträge, welche etwa von der Existenz körperlicher Gezeiten herrühren könnten, so bedeutend, dass man, soweit nicht wie in Wilhelmshaven noch andere Ursachen in Frage kommen, unwillkürlich auf den Gedanken an reelle Lothabweichungen geführt wird.



## VI. Die Bewegung des Nullpunktes.

Nach Abzug der täglichen periodischen Bewegung des Pendels bleiben noch andere Bewegungen übrig, welche sich in Potsdam hauptsächlich als fortschreitend erweisen, wogegen sie in Wilhelmshaven einen anderen Charakter tragen. Das Verhalten des Pendels in Wilhelmshaven, woselbst die Stellung desselben eine sehr auffällige Abhängigkeit vom Luftdruck und der Temperatur zeigte, hat mich veranlasst, auch für die anderen Orte eine Untersuchung hierüber anzustellen. Der hier gebrauchte Ausdruck „Nullpunkt“ ist angewandt mit Rücksicht auf die von der täglichen Bewegung befreite Gleichgewichtslage des Pendels in einem bestimmten Augenblicke.

Die Zahlen für diese Nullpunkte wurden, wie oben angegeben worden ist, bei Gelegenheit der Untersuchung über die Amplituden für die beiden Momente, in denen die Glieder der täglichen Periode verschwinden, abgeleitet. Die langen Zahlenreihen hier anzuführen, würde zu weit führen. Dieselben wurden zur Construction von Curven benutzt, neben welche die Luftdruck- und Temperaturcurven eingetragen wurden. Der grössere Theil dieser Curven ist auf den beifolgenden Tafeln in Figg. 6—8 (Taf. II und III) reproducirt. Eine Vergleichung der Nullpunktcurve mit der Temperaturcurve wurde durch die Beziehung, welche zwischen der täglichen Oscillation der Temperatur und der Amplitude der täglichen Bewegung besteht, nahe gelegt.

### 1. Wilhelmshaven.

Da die Nullpunktcurve für Wilhelmshaven ganz besonders überraschende Beziehungen zu den erwähnten meteorologischen Elementen aufweist, so beginne ich mit den Beobachtungen an diesem Orte. Es scheint nach der Gesammtheit der Beobachtungen zu urtheilen, dass das Pendel den Aenderungen des Luftdruckes unmittelbar folgt. Die Beziehung zu demselben

ist für die ganze Dauer so in die Augen fallend, dass nur die Aufgabe zu lösen bleibt, die Aenderung des Nullpunktes für 1 mm Luftdruckänderung zu ermitteln. Es ist das Natürlichste, anzunehmen, dass die Bewegung des Nullpunktes den Aenderungen des Luftdruckes proportional sei, worauf schon der Anblick der Curven hinweist. Die beiden durch eine Pause geschiedenen Beobachtungsreihen habe ich getrennt behandelt.

Der Barometerstand unterliegt ziemlich bedeutenden Schwankungen, 740.6—775.8 mm in der I. und 748.4—771.5 mm in der II. Periode.

Ich hatte die Beobachtungen zuerst in Gruppen von 10 zu 10 mm geordnet, da indessen dann die Vertheilung der Temperaturen, auf welche es, wie nachher zu sehen sein wird, wesentlich ankommt, eine zu unregelmässige wird, so habe ich sämmtliche Beobachtungen in zwei Gruppen zusammengezogen. Dieselben entsprechen allerdings nicht so extremen Barometerständen, wie sie in der That vorkommen, doch sind dieselben frei von dem Einflusse der Temperatur. Auf diese Weise erhalten wir:

Zahl der Beobachtungen	Barometer <sup>mm</sup>	Nullpunkt <sup>p</sup>	Temperatur
Periode I 64	752.58	18.63	+ 6.19 C.
63	761.45	28.10	+ 6.15
	+ 8.87	+ 9.57	+ 6.15
Periode II 91	753.61 <sup>mm</sup>	24.32 <sup>p</sup>	+ 13.79
91	764.50	34.56	+ 13.76
	+ 10.89	+ 10.30	+ 13.76

Die Unterschiede der Nullpunkte sind hier verbessert für die geringen Temperaturunterschiede von 0.04 und 0.03, indem, wie später gefunden wird, der Coefficient für + 1° Temperaturänderung + 2.00<sup>p</sup> beträgt. Wir erhalten nun aus diesen Zahlen für die Aenderung des Nullpunktes bei einer Aenderung des Luftdruckes um + 1 mm

für die I. Periode + 1.077<sup>p</sup> Gew. 2,

„ „ II. „ + 0.946 „ 3,

oder im Mittel mit Berücksichtigung der Gewichte

$$+ 1.00^p = 0.29.$$

Die Uebereinstimmung der beiden Werthe des Coefficienten ist eine so gute, als man sie wohl erwarten kann, denn es bleibt zu berücksichtigen, dass das Pendel ausser den vom Luftdruck und der Temperatur abhängigen Bewegungen noch eine eigene ausführt, die sich der Controle entzieht.

Wir haben also das merkwürdige Resultat, dass, wenn der Luftdruck um 1 mm steigt, die Lothlinie um den Betrag von 0.29" nach Osten wandert, mithin um diesen selben Betrag das Niveau des Ortes sich nach Osten senkt. Da Barometerschwankungen bis zu 35 mm in unseren Beobachtungen vorkommen, so bedeutet dies Niveauänderungen von mehr als 10". Wäre die Lage des Pendels frei von anderwärtigen Einflüssen, so würden wir den Luftdruck nach den Ablesungen der Curve mit fünfmal grösserer Genauigkeit als am Quecksilberbarometer bestimmen können.

Diese Beobachtungen documentiren aufs deutlichste, welche relativ bedeutende Elasticität die Erdoberfläche an dieser Stelle besitzt. Nach den früher mitgetheilten Angaben über die Bodenbeschaffenheit ist es höchst wahrscheinlich, dass nur die obersten Schichten an diesen Bewegungen Theil nehmen. Es müsste von grossem Interesse sein, festzustellen, in welcher Ausdehnung dies der Fall ist, da man dann vielleicht in der Lage sein würde, einen Schluss auf den absoluten Betrag der Hebungen und Senkungen zu machen.

Die Bewegungen des Pendels correspondiren so vollständig mit denen des Luftdruckes, dass ich mich für berechtigt gehalten habe, erstere auf einen mittleren Luftdruck zu reduciren, um die weitere Untersuchung mit Erfolg vornehmen zu können. Auf Taf. III, Fig. 6 c ist die auf den Barometerstand 760 mm mittelst des obigen mittleren Coefficienten reducirte Curve eingetragen; aus der Vergleichung derselben mit der ebenfalls eingezeichneten Temperaturcurve ist sofort der innige Zusammenhang zwischen beiden ersichtlich.

Um den Gang der Temperatur, welche natürlich am Anfang und Ende der Beobachtungsreihe kleiner ist, als in den heissen Sommermonaten, mit dem des Nullpunktes zu vergleichen, musste ein anderer Weg, als oben, eingeschlagen werden, denn der Nullpunkt besitzt noch eine von anderen Einflüssen abhängige unregelmässige Bewegung, welche möglichst eliminirt werden muss. Deshalb habe ich einzelne Gruppen von Beobachtungen, während welcher der Nullpunkt anscheinend sonst eine regelmässige Bewegung gezeigt hat, mit einander vereinigt. Diese sind folgende:

	Nullp.	$t$	Ber. Nullp.		Nullp.	$t$	Ber. Nullp.
März 13.	25.3	+ 3.15	22.7	Juni 28.	29.5	+ 19.7	31.8
„ 15.	5.3	— 3.85	8.0	Juli 2.	21.2	+ 15.4	22.4
„ 18.	15.9	+ 0.40	16.9	„ 5.	26.2	+ 18.3	28.8
„ 20.	26.4	+ 4.10	24.7	„ 7.	21.8	+ 15.4	22.4
„ 21.	18.4	— 0.45	15.2	„ 10.	31.2	+ 19.5	31.4
„ 24.	30.4	+ 7.90	32.7	„ 17.	17.6	+ 12.9	16.9
„ 27.	23.1	+ 2.20	20.7	„ 21.	28.0	+ 15.7	23.0
„ 29.	25.6	+ 5.85	28.3	„ 24.	20.8	+ 14.2	19.7
April 1.	21.6	+ 1.75	23.9				
			Nullp.			$t$	Ber. Nullp.
	August	25.	23.8	+ 11.1	27.1		
	„	30.	35.8	+ 17.1	37.3		
	September	2.	31.1	+ 14.6	33.0		
	„	5.	31.2	+ 14.6	33.0		
	„	11.	42.4	+ 17.1	37.3		
	„	16.	25.0	+ 9.8	24.9		
	„	18.	29.1	+ 10.4	25.9		

Wird aus diesen Zahlen in der einfachsten Weise der Temperatur-Coefficient abgeleitet, so erhalten wir:

1. Gruppe, 9 Beobachtungen März 13. bis April 1. + 2.075  $\pm$  2.48,
2. „ 8 „ „ Juni 28. „ Juli 24. + 2.190  $\pm$  2.41,
3. „ 7 „ „ Aug. 25. „ Sept. 18. + 1.690  $\pm$  2.78.

Die letzten Zahlen geben die mittleren Fehler der mittelst jenes Coefficienten zurückberechneten Nullpunkte an. Vereinigt man obige Zahlen ihren Gewichten entsprechend, so folgt, dass die Aenderung des Nullpunktes für + 1° C. Temperaturänderung

$$+ 2.00 = 0.58$$

beträgt. Dieser auffällig grosse Coefficient ist durch die Beobachtungen sicher verbürgt, für die ersten Märzbeobachtungen wird sogar zur besten Darstellung der Unterschiede ein noch grösserer Coefficient erfordert.

Es möge hervorgehoben werden, dass, nach der Grösse dieses Coefficienten zu urtheilen, die tägliche Bewegung des Pendels auf anderem Wege zu Stande kommen muss, als diese Nullpunktsbewegung. Denn da die täg-

liche Oscillation der Temperatur in dem vorliegenden Falle bis auf über 11 Grad steigt, so würden wir Amplituden der Pendelbewegung von 22<sup>p</sup> erwarten müssen. Aus der Betrachtung der graphischen Darstellung dieser eigenthümlichen Verhältnisse folgt, dass die Nullpunktsbewegung selbst bei sehr erheblichen Temperaturstürzen denselben parallel geht.

Der Sinn der Bewegung ist derselbe, wie bei der vom Luftdrucke abhängigen, indem bei steigender Temperatur das Pendel nach Osten wandert, das Niveau somit nach dieser Richtung hin sich senkt. Wenn beide Ursachen entsprechend zusammenwirken, können somit sehr bedeutende Niveaudepressionen zu Stande kommen.

Ein Blick auf die Curve genügt, um zu erkennen, dass das Pendel ausser den vorstehend behandelten noch anderen Einflüssen unterworfen ist. Sowohl gegen Ende April und Anfang Mai, als besonders im August ist ein plötzliches, starkes Ansteigen der Curve bemerkbar, das durch Temperatur und Luftdruck nicht erklärt wird. Ich habe deshalb die Curve nochmals auf einheitliche Temperatur, und zwar die erste Hälfte auf 0°, die zweite auf +10° reducirt. Leider fehlt der Monat Juni. Die in Fig. 6 c eingezeichnete starke, ausgeglichene Curve lässt erkennen, dass, wenn nicht im Juni eine ganz aussergewöhnliche Bewegung stattgefunden hat, was nach dem Aussehen der Curve zu Anfang und Ende dieses Monats wenig wahrscheinlich ist, der Nullpunkt keine erhebliche fortschreitende Veränderung erfahren hat. Dagegen sind einige grössere wellenförmige Bewegungen, besonders die beiden oben erwähnten, deutlich ausgesprochen. Diese Bewegungen dürfte man wohl berechtigt sein, auf geologische Einflüsse zurückzuführen.

Ich habe auch zur Vergleichung die correspondirenden Niveau-beobachtungen am Meridiankreise benutzt, die allerdings nicht für Temperatur verbessert sind. Die Neigungen sind in Theilen der Glasscala ausgedrückt, und zwar fand ich

Juli	3.	$i - \overset{p}{19.5}$
„	8.	— 13.2
„	13.	— 10.9
„	18.	— 5.3
„	23.	— 4.3
„	28.	— 2.3
August	2.	— 6.8.

Die durch diese Zahlen bestimmte Curve ist zur Vergleichung ebenfalls in der Figur eingetragen und entspricht im Sinne zwar der Bewegung des Pendels, doch deutet sie eine stärkere Aenderung des Niveaus an.

## 2. Potsdam.

Die für Wilhelmshaven gefundenen Resultate legten es nahe, eine entsprechende Untersuchung für Potsdam vorzunehmen, obwohl an letzterem Orte die von den meteorologischen Elementen unabhängige Bewegung des Nullpunktes weit überwiegt. Auf der Taf. II, Fig. 7 sind die Nullpunkte für einen Theil der Beobachtungsperiode wiederum graphisch dargestellt. Die Vergleichung mit der Temperaturcurve, welche im umgekehrten Sinne (kleinere Temperaturen entsprechen der grösseren Ordinate) eingetragen wurde, lässt in denjenigen Theilen, welche eine regelmässige Bewegung zeigen, besonders in der Zeit von Juli 26 bis zum Schlusse der Beobachtungen, eine entschiedene Parallelität erkennen, aus der sich schon entnehmen lässt, dass die Bewegung für  $+1^{\circ}$  C. für das Pendel etwa  $-1^p$  beträgt. Die genauere Ermittlung des Coefficienten konnte wegen der starken unbekanntenen Bewegung des Nullpunktes nicht in so allgemeiner Weise wie für Wilhelmshaven vorgenommen werden. Es sind deshalb immer je zwei Gruppen von Beobachtungen verglichen, für welche die mittleren Temperaturen möglichst weit auseinanderliegen, während die mittleren Epochen möglichst übereinstimmen. Allerdings ist es auf diese Weise nicht möglich, erhebliche Temperaturdifferenzen zu erreichen. Mit Rücksicht auf einen etwaigen Barometercoefficienten sind auch die Barometerstände berücksichtigt.

Benutzte Beobachtungen	Zahl	Barom.	Temp.	Nullp.	Mittlere Epoche
April 1, 2, 6, 7.	4	744.08 <sup>mm</sup>	+ 4.02 <sup>o</sup>	31.92 <sup>p</sup>	April 4.0
„ 3—5.	3	744.23	+ 2.30	32.90	„ 4.0
„ 13—15, 18—20.	6	748.00	+ 6.43	69.17	„ 16.5
„ 16, 17.	2	746.40	+ 2.55	73.85	„ 16.5
Mai 14, 15, 20, 21.	4	751.10	+ 18.38	80.72	Mai 17.5
„ 16—19.	4	750.98	+ 16.12	82.32	„ 17.5
„ 23, 24, 27, 28.	4	748.88	+ 19.23	65.85	„ 25.5
„ 25, 26.	2	744.90	+ 17.40	67.60	„ 25.5

Benutzte Beobachtungen	Zahl	Barom. mm	Temp. °	Nullp. p	Mittlere Epoche
Mai 29—31, Juni 4—6.	6	755.40	+ 20.52	49.48	Juni 2.0
Juni 1—3.	3	752.43	+ 24.10	46.23	„ 2.0
„ 18, 19, 22, 25—28.	7	753.79	+ 18.85	13.40	„ 23.6
„ 20, 21, 24, 29.	4	753.45	+ 15.85	14.40	„ 23.5
Juli 1, 2, 9, 10.	4	754.10	+ 19.48	24.55	Juli 5.5
„ 5, 6.	2	750.30	+ 13.80	30.15	„ 5.5
Juli 30, 31, August 8, 9.	4	753.90	+ 15.15	17.30	August 4.0
August 2—6.	5	751.30	+ 19.04	15.32	„ 4.0
„ 18—22.	5	746.64	+ 17.20	21.60	„ 20.0
„ 14, 15, 25, 26.	4	749.28	+ 12.48	25.88	„ 20.0
August 27, 28, Septbr. 2, 3.	4	757.58	+ 13.15	25.85	„ 30.5
August 30, 31.	2	757.85	+ 17.90	22.25	„ 30.5
September 6, 7, 13, 14.	4	755.04	+ 11.68	31.70	Septbr. 10.0
„ 8—12.	5	756.18	+ 16.10	28.52	„ 10.0
„ 14, 18, 24, 25.	4	749.82	+ 9.25	39.90	„ 20.3
„ 16, 22, 23.	3	750.27	+ 6.80	41.97	„ 20.3.

Die Vereinigung je zweier auf einander folgender Zeilen, die zu derselben Epoche gehören, giebt

Epoche	Zahl der Beobachtungen	dT. °	dB. mm	dN. p
April 4.0	7	— 1.72	+ 0.15	+ 0.98
„ 16.5	8	— 3.88	— 1.60	+ 4.68
Mai 17.5	8	— 2.26	— 0.12	+ 1.60
„ 25.5	6	— 1.83	— 3.98	+ 1.75
Juni 2.0	9	— 3.58	+ 2.97	+ 3.25
„ 23.6	11	— 3.00	— 0.34	+ 1.00
Juli 5.5	6	— 5.68	— 3.80	+ 5.60
August 4.0	9	— 3.89	+ 2.60	+ 1.98
„ 20.0	9	— 4.72	+ 2.64	+ 4.28
„ 30.5	6	— 4.75	— 0.27	+ 3.60
September 10.0	9	— 4.42	— 1.14	+ 3.18
„ 20.3	7	— 2.45	+ 0.45	+ 2.07.

Aus diesen Zahlen folgt deutlich, dass in der That ein merklicher Temperaturcoefficient vorhanden ist. Aus den Beobachtungen bis Juni 2 incl. folgt derselbe für  $+1^{\circ}$  C.

$$-0.924^p \text{ (aus 38 Tagen),}$$

aus den späteren

$$-0.751^p \text{ (aus 57 Tagen),}$$

die Vereinigung aller Beobachtungen giebt den Coefficienten

$$-0.805^p.$$

In allen Fällen ist der Barometerstand völlig eliminirt.

Der Sinn der Bewegung ist derselbe, wie in Wilhelmshaven, da für Potsdam das Vorzeichen umzukehren ist. Bei einer Steigerung der Temperatur von  $+1^{\circ}$  wandert der Nullpunkt um  $0.16$  nach Osten. Auch hier haben wir eine viel stärkere Bewegung, als sie nach der Amplitude der täglichen Periode zu erwarten wäre. Es beträgt nämlich die grösste Oscillation der Temperatur  $17^{\circ}$  C., während die grösste vorkommende Amplitude etwa  $6^p$  ist. In Wilhelmshaven ist das Verhältniss ein ähnliches.

Was den Luftdruck betrifft, so ist offenbar kein auffallender Zusammenhang zwischen demselben und der Nullpunktcurve zu erkennen. Der grosse Barometersturz September 16—20 macht sich zum Beispiel in keiner Weise bemerkbar. Um indessen auch hier einen genäherten Werth des Coefficienten zu erhalten, habe ich einige Beobachtungen wie oben in Gruppen vereinigt, nachdem dieselben auf die Temperatur  $+10^{\circ}$  reducirt worden sind.

August	3, 4, 7, 8.	752.90 <sup>mm</sup>	23.10 <sup>p</sup>
„	5, 6.	749.05	23.20
„	9, 10, 13, 14.	749.28	26.22
„	11, 12.	743.20	27.15
„	17—19, 23—25.	750.72	27.65
„	20—22.	743.63	27.60
Septbr.	10, 11, 16, 17.	759.12	34.85
„	12—15.	754.58	34.30
„	18, 19, 23, 24.	751.30	40.02
„	20—22.	739.80	40.03



Die Vereinigung je zweier Zeilen ergibt:

August	5.5	+	$3.85^{\text{mm}}$	—	$0.10^{\text{p}}$	6 Beobachtungen,
„	11.5	+	6.08	—	0.93	6 „
„	21.0	+	7.09	+	0.05	9 „
Septbr.	13.5	+	4.54	+	0.55	8 „
„	21.0	+	11.50	—	0.01	7 „

Aus diesen Beobachtungen folgt für den Barometercoefficienten und für + 1 mm Luftdruckänderung der Betrag

$$- 0.0058^{\text{p}},$$

d. h. man kann behaupten, dass derselbe nicht wesentlich von 0 verschieden ist, eine Abhängigkeit des Nullpunktes vom Luftdruck mithin nicht existirt. Wenden wir uns zu der sonstigen, von den meteorologischen Elementen unabhängigen Bewegung des Nullpunktes, so ist dieselbe in Potsdam sehr beträchtlich, und zwar beträgt dieselbe etwa

von April 1. bis Mai	12.	+	$75.3^{\text{p}}$
„ Mai 12. „ Juni	6.	—	50.2
„ Juni 18. „ Juli	13.	+	23.0
„ Juli 26. „ Septbr. 25.		+	33.4.

Für die Bewegung in den beiden Beobachtungspausen Juni 6—18 und Juli 13—26 dürfen wir nach dem Verlaufe der Curve etwa  $- 5^{\text{p}}$  und  $+ 10^{\text{p}}$  setzen. Nach diesen Daten wird die Bewegung des Nullpunktes etwa durch die kleine Curve in Fig. 9, Taf. I dargestellt. Dieselbe ist dadurch bemerkenswerth, dass sie eine doppelte Umkehr des Nullpunktes enthält. Die Beobachtungen in Potsdam begannen erst fünf Monate nach der Errichtung des Pfeilers, man sollte daher meinen, dass derselbe Zeit genug gehabt habe, um sich zu setzen.

In Wilhelmshaven, wo der Keller ziemlich feucht war, lagen ebenfalls etwa fünf Monate zwischen der Herstellung des Pfeilers und dem Beginn der Beobachtungen, trotzdem zeigt der Nullpunkt daselbst zu Anfang keine merkliche fortschreitende Bewegung, welche etwa auf eine Senkung des Pfeilers beim Trocknen zu beziehen wäre. Es liegt daher eigentlich kein Grund vor, in Potsdam eine derartige Senkung anzunehmen, obwohl die sehr starke Nullpunktsbewegung zu Anfang zu dieser Annahme verleiten könnte.

Wie dem auch sein möge, jedenfalls ist durch den späteren Verlauf der Curve im Juni und Juli das Vorhandensein nicht unbedeutender Bodenbewegungen angezeigt. Dieselben wird man mit grosser Wahrscheinlichkeit als die Folgen geologischer Veränderungen ansehen dürfen. Dass aus diesem Grunde gerade die genaue Verfolgung des Nullpunktes das grösste Interesse bietet, bedarf nicht des Hervorhebens. Bisher sind derartige Beobachtungen in der Regel nur mit Hilfe der Niveaus ausgeführt worden, gegen deren Angaben insbesondere nach langem Gebrauche berechnigte Bedenken bestehen.

### 3. Puerto Orotava.

Die Beobachtungen in Orotava scheinen nicht in so deutlicher Weise durch die meteorologischen Elemente beeinflusst zu sein, wie es an den anderen Orten der Fall ist. Von Februar 11 an ist die Bewegung eine derartige, dass die Eliminirung der unabhängigen Nullpunktsbewegung mit einiger Aussicht auf Erfolg versucht werden kann. Doch sind wir aus demselben Grunde wie früher auch hier gezwungen, uns der Einzelbeobachtungen zu bedienen. Die meteorologischen Beobachtungen sind hier in englischen Maassen gegeben. Wir versuchen, da zunächst der Temperaturcoefficient unbekannt ist, seinen Einfluss in folgender Weise zu eliminiren.

Durch Zusammenfassung einzelner naheliegender Beobachtungen finden wir:

Epoche	Barometer	Nullpunkt	Temperatur	Zahl der Tage
Febr. 20.0	30.087	52.3	59.6 F.	3
„ 26.5	30.081	49.8	56.4	2
März 9.0	30.090	45.2	64.5	5
„ 22.0	30.081	44.3	63.0	3
April 8.0	30.083	40.9	60.1	3
„ 25.5	30.085	38.5	67.0	4
	30.086.			

Für einen mittleren Barometerstand von 30.086 construiren wir hier nach aus den Nullpunktswerthen mittelst der beigefügten Epochen eine Reihe von Curvenpunkten, welche wir durch den möglichst einfachen Zug verbinden. Dies lässt sich bei der geringen, der Zeit ziemlich proportionalen Nullpunktsbewegung recht sicher ausführen.

Wir bilden weiter die Gruppen:

Febr. 24.5	$\overset{i}{29.876}$	$55.9^{\circ}$ F.	$50.1^p$	$(50.4)^p$	2	Beobachtungen
März 4.0	29.968	63.1	46.6	(47.3)	3	„
„ 18.5	29.926	65.3	43.9	(44.8)	2	„
April 6.5	29.975	64.6	40.6	(41.2)	2	„
„ 16.5	29.963	66.9	37.5	(39.8)	2	„
	<hr/>	<hr/>				
	29.942	63.2				
Febr. 15.0	$\overset{i}{30.192}$	$58.5^{\circ}$ F.	$54.5^p$	$(54.4)^p$	3	Beobachtungen
März 26.0	30.212	61.6	44.3	(43.7)	5	„
April 22.0	30.180	67.1	38.2	(39.0)	3	„
	<hr/>	<hr/>				
	30.195	62.4				
März 14.5	$\overset{i}{30.312}$	$61.0^{\circ}$ F.	$46.0^p$	$(44.8)^p$	2	Beobachtungen
April 11.5	30.314	62.3	41.5	(40.4)	2	„
	<hr/>	<hr/>				
	30.313	61.6 .				

Die in Klammern gesetzten Zahlen sind die der Curve entnommenen, auf  $\overset{i}{30.086}$  bezogenen Nullpunkte, in welchen der Einfluss der Temperatur enthalten ist. Subtrahiren wir dieselben von den nebenstehenden Zahlen, so erhalten wir bez. für die Luftdruckdifferenzen

$-\overset{i}{0.144}$	$+\overset{i}{0.110}$	$+\overset{i}{0.227}$
$-\overset{p}{0.3}$	$+\overset{p}{0.1}$	$+\overset{p}{1.2}$
$-\overset{p}{0.9}$	$+\overset{p}{0.6}$	$+\overset{p}{1.1}$
$-\overset{p}{0.7}$	$-\overset{p}{0.8}$	
$-\overset{p}{0.6}$		
$-\overset{p}{2.3}$		
<hr/>	<hr/>	<hr/>
$-\overset{p}{0.96}$	$-\overset{p}{0.03}$	$+\overset{p}{1.15}$

Ich benutze hiervon nur die äusseren Zahlen, aus denen folgt, dass

$$+\overset{i}{0.371} + \overset{p}{2.11}$$

entspricht oder

$$1^{\text{inch.}} + \overset{p}{5.69}.$$

Diese Zahl soll natürlich nur als eine erste Annäherung gelten.

Wir benutzen weiter folgende Beobachtungen:

Febr. 24--27.	Febr. 25.5	29.979	56.10	49.48	4	Beobachtungen	+ 0.61
März 9--12.	März 10.5	30.103	64.95	44.94	4	„	- 0.10
März 18--20.	März 19.0	29.936	65.17	43.73	3	„	+ 0.85
April 6--8.	April 7.0	30.013	65.03	40.63	3	„	+ 0.42
April 9--10.	April 9.5	30.190	58.80	41.77	2	„	- 0.59
April 15--17.	April 16.0	29.979	66.47	37.93	3	„	+ 0.61
April 21--25.	April 23.0	30.139	67.52	38.54	5	„	- 0.30
und							
Febr. 17--23.	Febr. 20.0	30.063	59.91	52.28	7	„	+ 0.13
Febr. 28--März 3.	März 1.5	30.009	60.50	48.34	4	„	+ 0.44
März 14--16.	März 15.0	30.264	60.50	46.20	3	„	- 1.01
März 24--27.	März 25.5	30.213	60.67	45.16	4	„	- 0.72
April 9--11.	April 10.0	30.234	59.80	41.82	3	„	- 0.84

60.27.

In der letzten Columne sind die Zahlen gegeben, welche sich zur Reduction der Nullpunkte auf den Barometerstand 30.086 mittelst des obigen Coefficienten ergeben. Aus der letzten Gruppe von Zahlen ist darauf eine Curve, für die mittlere Temperatur 60.27 gültig, construirt worden, aus welcher dann die Nullpunkte für die Epochen der ersten Zahlengruppe entnommen sind. Durch die Vergleichung mit dem entsprechenden, den Beobachtungen entnommenen Werthe finden wir, indem wir auch die Temperaturen auf obiges Mittel beziehen:

dT.	dN.	dT.	dN.
- 4.17	+ 0.34	+ 4.68	- 1.26
- 1.47	+ 0.18	+ 4.90	- 0.52
<u>- 2.82</u>	<u>+ 0.26</u>	+ 4.76	- 0.55
		+ 6.20	- 1.36
		+ 7.25	- 0.66
		<u>+ 5.56</u>	<u>- 0.87.</u>

Hieraus folgt für + 10° F. die Veränderung - 1.35<sup>1)</sup>. So klein dieselbe ist, ist sie doch durch die Uebereinstimmung der Vorzeichen gut verbürgt.

1) Statt dieser Zahl ist irrthümlich - 1.59<sup>P</sup> benutzt, um die folgende Reduction vorzunehmen, doch ist der Irrthum ohne Belang, da die vier Gruppen von Beobachtungen nahezu dieselbe mittlere Temperatur haben.

Wir benutzen diesen Coefficienten, um in zweiter Näherung den Barometercoefficienten genauer zu bestimmen.

Wir gehen also wieder auf die ersten, nach Barometerständen geordneten Beobachtungen zurück und finden, nachdem alle Nullpunkte von Februar 15. an auf 30.000 und 60.0 reducirt und aus dieser neuen Zahlenreihe die Nullpunkte für die Epochen interpolirt sind, durch Vergleichung der beiderseitigen Werthe die Differenzen:

	I. Gruppe	II. Gruppe	III. Gruppe	IV. Gruppe
Mittlerer Barometerstand	29.942	30.086	30.195	30.313
Mittlere Temperatur	63.2 <sup>o</sup>	61.8 <sup>o</sup>	62.4 <sup>o</sup>	61.7 <sup>o</sup>
	— 0.81 <sup>p</sup>	+ 0.57	+ 1.06	+ 1.86
	— 0.17	+ 0.52	+ 0.74	+ 1.67
	— 0.17	+ 0.44	+ 1.00	
	— 0.11	+ 0.48		
	— 0.20	— 0.08		
		+ 0.51		
	— 0.292	+ 0.407	+ 0.933	+ 1.765.

Wir haben mithin folgende Beziehungen, wenn  $\Delta B$  die Barometerdifferenz,  $\Delta N$  die des Nullpunktes ist:

$\Delta B$	$\Delta N$
— 0.058	— 0.292 <sup>p</sup>
+ 0.086	+ 0.407
+ 0.195	+ 0.933
+ 0.313	+ 1.765
1 <sup>inch.</sup>	+ 5.36 <sup>p</sup> .

Obige Zahlen sind genügend beweiskräftig, sie stützen sich auf 46 Einzelbeobachtungen und beweisen sowohl sicher das Vorhandensein eines Barometercoefficienten, als sie dessen absoluten Werth mit einiger Genauigkeit ergeben.

In gleicher Weise erhalten wir nun für den Temperaturcoefficienten, nachdem die bezüglichen, oben mitgetheilten Beobachtungsmittel auf 30.000 reducirt sind und mit den correspondirenden Mitteln aus der auf 30.000 und 60.0 reducirt Nullpunktstabelle verglichen sind, Folgendes:

T	dN.	T	dN.	T	dN.
56.10	+ 0.61 <sup>p</sup>	59.91	- 0.07 <sup>p</sup>	64.95	- 0.72 <sup>p</sup>
58.80	+ 0.20	60.50	- 0.06	65.17	- 0.90
<u>57.45</u>	<u>+ 0.405</u>	60.67	+ 0.06	65.03	- 0.81
		59.80	- 0.07	66.47	- 1.06
		<u>60.22</u>	<u>- 0.035</u>	<u>67.52</u>	<u>- 1.17</u>
				<u>65.83</u>	<u>- 0.777,</u>

mithin, wenn  $\Delta T$  die Temperaturdifferenz ist,

$\Delta T$	$\Delta N$
- 0.55 <sup>o</sup>	+ 0.405 <sup>p</sup>
+ 0.22	- 0.035
<u>+ 5.83</u>	<u>- 0.777</u>
10° F.	- 1.374.

Beide Werthe der zweiten Näherung sind nahe mit den ersten übereinstimmend. Reduciren wir dieselben auf das gewöhnliche Maass und durch Umkehrung der Zeichen auf die festgesetzten Richtungen, so beträgt die Veränderung des Nullpunktes

$$\begin{aligned} \text{für } +1 \text{ mm Luftdruckänderung} & - 0.2110 = - 0.0309 \text{ }^1), \\ \text{„ } +1^\circ \text{C. Temperaturänderung} & + 0.2473 = + 0.0362, \end{aligned}$$

d. h. der Nullpunkt wandert bei steigendem Luftdruck nach Westen, bei steigender Temperatur nach Osten. Die erstere Bewegung ist mithin der in Wilhelmshaven beobachteten entgegengesetzt, während die zweite in demselben Sinne erfolgt, wie an den beiden anderen Orten. Dieses Resultat lässt vermuthen, wie das ja an sich in Folge der täglichen Periode wahrscheinlich ist, dass der Erdboden überall auch eine dem Gange der Temperatur entsprechende Jahresbewegung ausführt. Der jährliche Wechsel der Temperatur lässt sich, wenn nicht eine Aufstellung in sehr tiefen Kellern gewählt wird, bei diesen

<sup>1)</sup> Da der Luftdruck bei 10<sup>h</sup> und 22<sup>h</sup> Maxima und bei 4<sup>h</sup> und 16<sup>h</sup> Minima hat, welche um etwa 1.5 mm verschieden sind, so muss derselbe ein Glied von der Form

$$\begin{aligned} & + 0.158 \cos (2t - 8^h) \\ & = + 0.023 \text{ „ } (2t - 120^\circ) \end{aligned}$$

in der täglichen Periode erzeugen. Wie man sieht, macht dasselbe einen nicht unbedeutlichen Theil des durch unmittelbare Rechnung gefundenen aus.

Beobachtungen nicht in ähnlichem Maasse ausschliessen, wie der tägliche. Es wird daher die an früherer Stelle hervorgehobene Fehlerquelle, welche in der ungleichen Länge der Fusschrauben des Stativs besteht, zur Geltung gelangen. Wenn die Differenz gross ist, so wird ein Theil der jährlichen Periode des Nullpunktes darauf zurückzuführen sein.

Bei den vorliegenden Beobachtungen wurde diesem Umstande noch nicht Rechnung getragen, da aber der genannte Unterschied jedenfalls nur wenige Schraubengänge betragen haben kann, so würde sich daraus bei den Beobachtungen in Wilhelmshaven und Potsdam nur ein kleiner Bruchtheil der gefundenen Temperaturcoefficienten erklären. In Orotava dagegen würde man nur einen Unterschied der Schraubenlängen von der sechsfachen Ganghöhe voraussetzen brauchen, um eine vollständige Erklärung des Temperaturcoefficienten zu erhalten.

In Zukunft gedenke ich diesem Punkte grössere Aufmerksamkeit zu widmen. Am einfachsten würde man zu diesem Zwecke ein Metallthermometer im Apparate anbringen, welches einen dritten Spiegel bewegte und dadurch den Gang der Temperatur neben der Basislinie aufzeichnete.

Barometrische Bewegungen scheinen nur an bevorzugten Punkten zu bestehen. Dass Wilhelmshaven zu diesen gehört, konnte von vornherein nicht vermuthet werden. Bezüglich Orotavas aber liegt die Sache anders. Wir befinden uns hier über dem ausgesprochenen Centrum eines grösseren vulcanischen Gebietes. Der Pic de Teyde ist noch nicht erloschen, aus seinem Gipfelkrater steigen beständig Schwefeldämpfe auf und der Boden desselben zeigt eine beträchtliche Temperatur. Obwohl es nicht wahrscheinlich ist, dass der Pic selbst noch einmal ausbrechen werde, so finden doch an seinen Hängen in Zwischenräumen von etwa 100 Jahren beträchtliche Ausbrüche statt und seit dem letzten Ausbruche ist annähernd wieder eine solche Periode verstrichen. Erderschütterungen sind selten; während meines 1 $\frac{1}{2}$  jährigen Aufenthaltes wurden deren nur zwei beobachtet, die sogar an vielen Stellen unbemerkt vorübergingen. Sicher also ist, dass das Massiv des Pic noch unter einem gewissen inneren Drucke steht, der beim Anwachsen und Nachlassen des äusseren Luftdruckes wohl eine gewisse Reaction in den oberen Schichten erzeugen kann.

Der Pic kann als ein Kegel aufgefasst werden, auf dessen Mantelfläche unsere Beobachtungen ausgeführt wurden. Bei niedrigem Barometerstande wird, wenn obige Voraussetzungen begründet sind, der Kegel spitzer und höher sein. Wenn wir uns also, wie es bei Orotava der Fall ist, auf der östlichen Seite des Kegels befinden, so wird unser Pendel, wie es das in Wirklichkeit auch thut, bei steigendem Barometer nach Westen wandern müssen.

Hiernach wäre die Lage Orotavas für diese Beobachtung nicht günstig, denn das Azimuth dieses Ortes beträgt, vom Pic aus gesehen, etwa  $31^\circ$  Nord gegen Ost, die beobachtete Componente würde also nur 0.502 der Böschungsänderung betragen. Wir haben während der Beobachtungsperiode Luftdruckdifferenzen von  $0.8 = 23$  mm ca. gehabt, welchen eine Niveauänderung von 0.7, somit eine solche des Böschungswinkels von 1.4 entspricht. Wenn wir die Höhe des Pic 3760 m und seinen Abstand von Orotava 17.88 km setzen, so würden wir, wenn wir die Annahme machen, dass die Bewegung auf den Umfang der Insel beschränkt ist, eine Höhenänderung des Pic von 0.13 finden. Im anderen Falle würde dieselbe noch bedeutender sein.

Zum Schluss möge hervorgehoben werden, dass auch in Orotava das Pendel einer starken Eigenbewegung unterworfen ist. In diesem Falle lässt sich nicht sagen, ob das rasche Ansteigen der Curve zu Anfang vielleicht noch auf das Eintrocknen des Pfeilers zurückzuführen ist, denn zwischen der Herstellung desselben und dem Beginne der Beobachtungen lag nur eine kurze Pause. Jedenfalls sind derartige Bewegungen in einem nicht ausgestorbenen vulcanischen Gebiete a priori wahrscheinlich.

---



## VII. Seismische Erscheinungen.

---

Ein besonders interessantes Ergebniss der Anwendung des Horizontalpendels und der Einführung der photographischen Registrirmethode sind die mannigfaltigen Aufzeichnungen mikroseismischer Bewegungen, auf welche ich nun näher eingehe.

Eigentliche Erdbeben, d. h. Erschütterungen, welche genügend wären, um das nur durch das eigene Gewicht in den Lagern gehaltene Pendel zu dislociren, sind während der Beobachtungsperiode nicht vorgekommen. In allen Fällen ist die Lagerung des Pendels unverändert geblieben, nur ist dasselbe in mehr oder minder geringe Schwingungen versetzt worden. Die zwei oben erwähnten Fälle von Erdbeben in Teneriffa haben zufällig kurz vor Beginn und unmittelbar nach dem Schlusse der Beobachtungen stattgefunden.

Zunächst mögen einige Worte über den allgemeinen Charakter der Curven gesagt werden.

In Potsdam haben wir häufig eine scharf begrenzte, vollkommen gleichmässige und ohne Störungen verlaufende Linie, deren Krümmung im Maximum und Minimum fast diejenige einer geometrisch genauen Curve ist. Eine derartige Curve deutet auf eine sehr grosse Ruhe des Erdbodens oder, richtiger gesagt, auf die Abwesenheit horizontal gerichteter Erschütterungen, denn dass die Existenz von vertical gerichteten mässigen Erschütterungen die Gleichgewichtslage des Pendels nicht erheblich beeinflusst, habe ich durch die früheren directen Fernrohrbeobachtungen in Karlsruhe und Potsdam gezeigt. An solchen Tagen würde man die Empfindlichkeit des Pendelapparates sehr erheblich steigern und dadurch überraschend kleine Niveau-Unterschiede zur

Wahrnehmung bringen können, indem das Pendel absolut frei von Schwingungen ist. Dieser Zustand ist indessen nicht immer vorhanden und von den grösseren Störungen abgesehen, von denen später allgemeiner die Rede sein wird und die sich meist nur auf einige Stunden erstrecken, findet sich in den Curven zuweilen der Ausdruck einer seismischen Unruhe, welche darin besteht, dass das Pendel in kleine Schwingungen geräth, deren Amplitude sehr wechselnd ist. Da die Lichtstärke der angewandten Lampe stark genug ist, dass die einzelnen Schwingungen einen Eindruck hinterlassen, so gewährt die Curve je nach dem Grade der Unruhe den Anblick einer mehr oder weniger in die Breite gezogenen, auf beiden Seiten in Fransen auslaufenden Linie. Die Breite derselben, bez. die Amplitude der Pendelschwingungen kann natürlich als Maass der Unruhe gelten. Wie sich aus der Uebersicht der Beobachtungen ergibt, tritt diese Unruhe vorzugsweise in den Tagesstunden auf, während die Nächte sich im Allgemeinen durch grössere Ruhe auszeichnen. Zuweilen aber erstreckt sich die Unruhe auf einen längeren Zeitraum; in dem Falle handelt es sich um eine Erscheinung, welche manche Beobachter mikroseismische Stürme genannt haben.

Einen ähnlichen Charakter wie in Potsdam tragen die in Orotava erhaltenen Curven. Auch hier haben wir meist einen vollkommen regelmässigen Verlauf bei Abwesenheit aller seismischen Unruhe. Dagegen finden sich in grosser Zahl und fast ausschliesslich in den Tagesstunden kleine Störungen von der Form kleiner Erdstösse, welche in der Uebersicht der Beobachtungen durch *S* gekennzeichnet sind. Dieselben rühren nachweislich vom Vorübergehen der Arbeiter auf dem am Laboratorium vorbeiführenden Fusswege her. Durch das Gewicht einer Person wird das Pendel vorübergehend abgelenkt und in Schwingungen versetzt, worauf es allmählich wieder in der ursprünglichen Gleichgewichtslage zur Ruhe kommt. Durch einen Versuch, nämlich indem ich mich selbst zu einer bestimmten Zeit auf einen Augenblick an die Aussenmauer stellte, wurde gezeigt, dass obige Erklärung die richtige ist, indem an der betreffenden Stelle sich in der That eine Störung *S* vorfand. Diese Störungen haben daher kein weiteres Interesse, und es ist in der Uebersicht auf dieselben nur insoweit Rücksicht genommen, als hier und da die Zeitgrenzen angegeben sind, innerhalb deren sie vorkommen. Von den grösseren Störungen wird später die Rede sein. Seismische Unruhe, wie in Potsdam,

ist in Orotava nicht beobachtet worden. Zwar ist in vielen Fällen während gewisser Stunden des Tages etwas Unruhe in der Curve bemerkbar, doch erlangte sie nie die Intensität, wie die entsprechende Erscheinung in Potsdam. Ausserdem ist es sehr wahrscheinlich, dass sie in dieselbe Kategorie mit einer später zu besprechenden Klasse von Störungen zu setzen ist.

Die Wilhelmshavener Curven tragen einen wesentlich verschiedenen Charakter von den vorstehenden. Abgesehen davon, dass dieselben viel erheblichere Ordinatenänderungen aufweisen, welche den Lichtpunkt im Laufe des Tages fast über die ganze Breite der Walze (20 cm) führen, ist der Charakter dieser Curven auch sonst ein viel unruhigerer, so dass sie den Curven für die magnetische Declination an Tagen mit magnetischen Stürmen ähneln. Die Uebersicht der Beobachtungen giebt näheren Aufschluss hierüber. Es wäre unmöglich und würde auch vorläufig zwecklos sein, nähere Angaben über die grosse Mannigfaltigkeit von Wellen, Zacken und Ausbuchtungen zu machen, welche der regelmässig verlaufenden Curve aufgesetzt sind. Dieselben sind zum Theil sehr erheblich und ihre nähere Betrachtung erweckt allerdings das Verlangen, die Ursache der durch sie gekennzeichneten Hebungen und Senkungen des Erdbodens kennen zu lernen. Hierauf werden wir jedoch noch lange verzichten müssen, ebenso wie es bisher nicht gelungen ist, die einzelnen Phasen eines magnetischen Sturmes einer Analyse zu unterwerfen. Jedenfalls enthüllen uns diese Curven ein eigenthümliches Bild, indem sie uns zeigen, dass die oberen Schichten der Erdoberfläche in Wilhelmshaven — auf diese Einschränkung weisen die früher besprochenen Resultate hin — keineswegs eine grosse Stabilität besitzen, sondern unter dem Einflusse bekannter und unbekannter Einflüsse wie der Spiegel eines Sees und mit grösserer Mannigfaltigkeit als ein solcher sich bewegen. Die Durchsicht der Curven ergiebt, dass auch diese Gleichgewichtsstörungen vorzugsweise in den Tagesstunden, etwa um die Zeit des Maximums der Curve (der östlichen Elongation des Pendels), eintreten. Das gleiche gilt im Allgemeinen von der auch in Wilhelmshaven bemerkbaren, aber wegen der durchschnittlich grösseren Unruhe der Curven nicht so in die Augen fallenden seismischen Bewegung. Diese ist freilich oft nicht auf die Tagesstunden beschränkt, sondern erstreckt sich auf mehrere Tage; im Allgemeinen aber kann man sagen, dass die Nächte durch eine grössere Ruhe ausgezeichnet sind.

Die folgende Uebersicht über das Aussehen der Curven giebt über diese Verhältnisse näheren Aufschluss. Für die eigentlichen Störungen, soweit sie in Potsdam und Wilhelmshaven beobachtet wurden, ist eine besondere Tabelle gegeben, in der die Beobachtungen neben einander gestellt sind. Leider ist in Folge der zu Anfang der Beobachtungen eingetretenen unvermeidlichen Störungen und Unterbrechungen die Anzahl der correspondirenden Tage sehr zusammengeschrumpft. Für die Beobachtungen in Teneriffa fehlen, wie früher angeführt wurde, die projectirten correspondirenden Beobachtungen leider ganz, so dass sich keinerlei Beziehungen zu auswärtigen Vorgängen ermitteln lassen.

### Verzeichniss

von Erderschütterungen des Jahres 1889, welche auf den Observatorien zu Potsdam und Wilhelmshaven am Horizontalpendel beobachtet wurden.

1889.	Potsdam.	Wilhelmshaven.
1) April 5.	Sehr ruhiger Tag. 9 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> Beginn einer kleinen Störung mit einer Unterbrechung bei 9 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> . 10 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> eine zweite kleinere Störung.	Anfang der Störung 9 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> , Unterbrechung bei 9 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> .
2) „ 8.	Sehr deutliche Störung. Beginn 16 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> .	Beginn 16 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> .
3) „ 15.	Sehr unruhiger Tag. Zwischen 7 <sup>h</sup> und 10 <sup>h</sup> findet eine grosse Störung statt, von welcher sich indessen keine bestimmte Phase näher angeben lässt.	
4) „ 17.	Grosse Ruhe an beiden Orten. Bald nach 17 <sup>h</sup> tritt eine aussergewöhnliche Störung ein. (S. Fig. 3 Taf. V.) 17 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> zeigen sich die ersten Spuren. 17 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> Beginn regelmässiger Oscillationen. 17 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> plötzliches Anwachsen derselben. 18 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> die Bewegung am stärksten. Von 20 <sup>h</sup> an völlige Ruhe.	17 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> Beginn der Störung. 17 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> Bei plötzlich zunehmender Bewegung verschwindet die Curve. Bei 20 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> herrscht wieder völlige Ruhe.
5) „ 25.	16 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> bis 18 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> eine aus mehreren Abschnitten bestehende Störung, sonst ruhig.	nicht registirt.

1889.	Potsdam.	Wilhelmshaven.
6) April 28.	21 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> ein äusserst scharf markirter Erdstoss mit regelmässig abnehmenden Oscillationen. (Fig. 7.)	21 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> , Curve schwach, plötzliches Abbrechen derselben.
7) Mai 21.	Grosse aus zwei Theilen bestehende Störung von 10 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> bis 11 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> . Unterbrechung bei 10 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> .	nicht registrirt.
8) „ 25.	Zwei grosse Störungen, um 7 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> und 10 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> beginnend.	nicht registrirt.
9) „ 26.	9 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> kleinere Störung.	nicht registrirt.
10) „ 30.	Keine Störung.	8 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> und 9 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> Unterbrechungen der Curve, Beobachtungen jedoch unsicher wegen Schwäche der Curve.
11) „ 31.	Ein ruhiger Tag. Bei 8 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> ein deutlicher Stoss.	8 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> Spur einer Störung.
12) Juni 19.	Ein kleiner Erdstoss 18 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> .	18 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> .
13) „ 30.	Sehr deutlicher Erdstoss 13 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> .	13 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> .
14) Juli 8.	Grosse Störung gegen 10 <sup>h</sup> . Die Curve ist an diesem Tage schwach und unscharf. Von 2 <sup>h</sup> an sehr ruhig. Beginn der Oscillationen 10 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> , vorher schon Spuren sichtbar. 11 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> Ende der Hauptoscillationen.	Sehr ruhig bis 9 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> . Die Bewegung zerfällt in eine grössere Zahl von Abschnitten, zwischen denen Momente grösserer Ruhe liegen. Letzte Spuren bei 13 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> .
15) „ 11.	Sehr bedeutende Störung. Curve ganz scharf bis 3 <sup>h</sup> und von 15 <sup>h</sup> an. Bei 10 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> bricht dieselbe plötzlich ab. Schluss der Störung 14 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> . Da an diesem Tage die Beleuchtung schwach war, so sind nur wenige Details zu erkennen.	Von 6 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> an vollständige Ruhe, bei 10 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> bricht die Curve ganz scharf ab und erst nach einiger Zeit werden die Oscillationen wieder sichtbar und lassen deutlich erkennen, dass die Störung in verschiedene Abschnitte zerfällt, welche durch Momente der Ruhe bei 12 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> , 13 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> und 13 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> begrenzt sind. Von 15 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> an herrscht wieder Ruhe. Obige Beobachtung wurde zufällig auch durch die directe Wahrnehmung bestätigt, indem das Pendel Abends in starker schwingender Bewegung angetroffen wurde. (Fig. 2.)

	Potsdam.	Wilhelmshaven.
	1889.	
16)	Juli 13. 17 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> ein deutlicher Erdstoss (schlechte Curve).	17 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> .
17)	„ 15. nicht registriert.	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> ein deutlicher Erdstoss.
18)	„ 28. Ziemliche Unruhe des Pendels. Bei 3 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> und 6 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> liegen zwei grössere Störungen.	Zwei grössere Störungen bei 3 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> und 5 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> .
19)	Aug. 3. 16 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> sehr scharfer Beginn einer kleineren Störung, Erdstoss.	16 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> Beginn einer allmählich anwachsenden Störung.
20)	„ 4. 10 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> scharfer Beginn einer complicirten Störung.	10 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> Beginn einer grösseren Störung, die bis gegen 12 <sup>h</sup> dauert.
21)	„ 13. Schwache Spur, unsicher.	7 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> Erdstoss, deutlich.
22)	„ 25. 7 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> Anfang einer grösseren Störung.	Anfang 7 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> , sehr deutlich markirt. Ende gegen 9 <sup>h</sup> . Grosse Oscillationen.
23)	„ 29. 18 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> Anfang einer grossen Störung.	Anfang scharf um 18 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> . Dauer der Störung bis gegen 19 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> .
24)	Sept. 5. Eine grössere Störung. Beginn derselben 22 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> . Plötzliches Anwachsen der Oscillationen 23 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> .	Beginn der Störung unscharf, bald nach 22 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> , gegen 23 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> plötzliches Anwachsen der Bewegung.
25)	„ 6. Von 1 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> bis 4 <sup>h</sup> eine grosse Störung, auf welche von 11 <sup>h</sup> bis 13 <sup>h</sup> eine zweite kleinere folgt.	Uhr stand, nicht registriert.
26)	„ 9. 9 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> und 10 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> zwei kleine Störungen an einem sehr ruhigen Tage.	Eine kleine Störung bei 10 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> , Anfang unscharf.
27)	„ 13. Gegen 5 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> eine kleine Störung ohne scharfen Anfang.	5 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> kleine Störung mit wenig scharf ausgeprägtem Anfang.
28)	„ 18. Sehr ruhiger Tag. 6 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> bis 9 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> eine grössere Störung, Anfangs nur Spuren, um 7 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> plötzliches Anwachsen der Bewegung.	Sehr schön ausgeprägte grosse Störung. Dieselbe dauert etwa von 7 <sup>h</sup> bis 9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> und ist reich an verschiedenen Phasen. Bei 8 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> eine sehr deutlich markirte Pause in der Bewegung.
29)	„ 25. Sehr unruhiger Tag mit andauernden Oscillationen.	Bei 10 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> eine kleine Störung.
30)	„ 30. nicht registriert.	9 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> kleinere Störung, welche bis 10 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> dauert.
31)	Oct. 1. nicht registriert.	13 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> deutlicher Erdstoss.
32)	„ 5. nicht registriert.	15 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> Beginn einer grossen Störung, welche bis 18 <sup>h</sup> dauert.

## Uebersicht über die Horizontalpendelcurven für Wilhelmshaven und Potsdam.

Wilhelmshaven.		Potsdam.	
1889.		1889.	
März 7—8.	Zwei ziemlich unruhige Tage, besonders März 7. zu Anfang.	April 1—2.	Etwas Unruhe, zwischen 18 <sup>h</sup> und 0 <sup>h</sup> Nachts ruhiger.
„ 9.	Unruhig bis 6 <sup>h</sup> , dann ruhiger.	„ 3.	Sehr ruhig.
„ 10.	Ziemlich ruhig, etwas Unruhe von 17 <sup>h</sup> an.	„ 4—5.	Sehr ruhig.
„ 11—12.	Anfangs unruhig, dann sehr ruhig, 21 <sup>h</sup> bis 5 <sup>h</sup> wieder Unruhe, dann ruhig und wieder wachsende Unruhe von 12 <sup>h</sup> an.	„ 6—7.	Etwas Unruhe Tag und Nacht.
„ 13—14.	Unvollständige Curve. 13. unruhig, 14. ebenso, Curve wellig.		
„ 15—16.	15. Anfangs unruhig, Nachts ruhig, 16. meist etwas unruhig.		
„ 17—18.	Unruhig bis 17. 5 <sup>h</sup> , dann im Ganzen sehr ruhig.		
„ 19—20.	Im Allgemeinen sehr ruhig, Nachts mehr als am Tage.		
„ 21—22.	Stets geringe Unruhe vorhanden.		
„ 23—24.	Desgleichen.		
„ 25—26.	Geringe Unruhe, Nachts etwas ruhiger.		
„ 27—28.	Ebenso, einige kleine Störungen.		
„ 29—30.	Ebenso, März 30. Nachts viel ruhiger.		
März 31. bis April 1.	Gleicher Charakter. April 1. von 18 <sup>h</sup> an viel Zacken und Wellen.		
April 2—3.	Etwas Unruhe bis 4 <sup>h</sup> , dann ruhig; 3. von 21 <sup>h</sup> an etwas Unruhe.		
„ 4—5.	Sehr ruhig, am Tage etwas unruhiger.		
„ 6—7.	Geringe Unruhe zu allen Tageszeiten.		

1889.	Wilhelmshaven.	1889.	Potsdam.
April 8—9.	Ebenso, Nachts etwas ruhiger.	April 8—9.	Ruhiger; April 9. 6.60 eine sehr merkwürdige Nullpunkts-änderung, Verschiebung des Lichtpunktes um 1.7. (Fig. 5.)
„ 10—11.	Aeusserst ruhig.	„ 10—11.	Ganz ruhig.
„ 12—13.	Meist auffallend ruhig.	„ 12—13.	Ganz ruhig, nur gegen das Ende beginnende geringe Unruhe.
„ 14—15.	14. im Ganzen ruhig, von 15 <sup>h</sup> an Unruhe, die mit Einschluss der grossen Störung in erheblichem Maasse April 15. über andauert.	„ 14—15.	An beiden Tagen zunehmende Unruhe, welche in der Störung April 15. gipfelt.
„ 16—17.	Die Unruhe verschwindet. April 16. 4 <sup>h</sup> , April 17. ruhig bis auf die grosse Störung. Nachts grosse Ruhe.	„ 16—17.	Unruhe bis 4 <sup>h</sup> , 17. grosse Störung.
„ 18—19.	18. unruhig bis nach 6 <sup>h</sup> , Nachts ruhig, am Tage wieder unruhiger, Curve unvollständig.	„ 18—19.	Fast ganz ruhig.
„ 20—21.	21. Mittags etwas unruhig, ebenso von 18 <sup>h</sup> an. Curve vielgezackt.	„ 20—21.	Fast ganz ruhig, nur hier und da kleine Bewegung.
„ 22—23.	Schlechte Curve, wenig zu erkennen.	„ 22—23.	Ruhig, 23. von 21 <sup>h</sup> etwas Unruhe.
„ 24—25.	Curven werthlos, weil sehr unvollständig.	„ 24—25.	Ruhig, April 24. bis 4 <sup>h</sup> etwas Unruhe.
„ 26—27.	Am Tage etwas unruhiger als Nachts.	„ 26—27.	Sehr ruhig.
„ 28—29.	Curve sehr schwach, meist sehr ruhig.	„ 28—29.	Sehr ruhig, mit Ausnahme des Erdstosses April 28., dem eine geringe Unruhe während einiger Stunden folgt. Etwas Unruhe 29. von 21 <sup>h</sup> an.
April 30. — Mai 1.	Curve fehlt.	April 30. — Mai 1.	30. beträchtliche Unruhe von 0 <sup>h</sup> bis 8 <sup>h</sup> , dann abnehmend, wieder stärker Mai 1. in den Mittagsstunden und von 20 <sup>h</sup> an. Nachts ruhig.



1869. Wilhelmshaven.		1869. Potsdam.	
Mai	2—3. Curve fehlt.	Mai	2—3. Abnehmende Unruhe. Bei $7\frac{3}{4}^h$ kleine Störung. Nachts sehr ruhig. Mai 3. von $21^h$ an etwas Unruhe.
„	4—5. Curve unbrauchbar.	„	4—5. An beiden Tagen Unruhe in den Tagesstunden vorherrschend, Nachts still.
„	6—7. Curve unbrauchbar.	„	6—7. Ruhig, am Tage etwas unruhiger.
„	8—9. Sehr unvollständig. Nachts sehr ruhig. Eigenthümliche Form des Minimums.	„	8—9. Wie vorher, Mai 9. am Tage ziemlich unruhig.
„	10—11. 10. ziemlich unruhig bis $9^h$ , dann ruhiger; 11. über Tag wieder etwas unruhiger, Curve zackig.	„	10—11. Ebenso, Mai 10. $18^h$ bis Mai 11. Nachmittags starke Unruhe.
„	12—14. Curve unklar. Im Ganzen sehr ruhig, im Maximum wellig und zackig.	„	12—13. Sehr ruhig, auch am Tage.
„	15—16. 15. fehlt, 16. wenig Unruhe.	„	14—15. Ziemlich ruhig.
„	17—18. Ganz unvollständig.	„	16—17. 16. von $12^h$ an unruhiger, 17. ruhig.
„	19—20. 19. unvollständig, 20. sehr ruhig.	„	18—19. Sehr ruhig.
„	21—28. Unbrauchbare Curven.	„	20—21. Sehr ruhig. Etwas Unruhe 21. Mittags.
„	29—30. Sehr schwache Curve, Nachts ruhig; Mai 30. den Tag über Bewegung.	„	22—23. 22. von $20^h$ an erhebliche Unruhe, fast in dem Umfange einer Störung, nimmt über Nacht etwas ab und wächst wieder am Tage.
		„	24—25. Anhaltende Unruhe bis $24. 6^h$ , ebenso 25. über Mittag etwas unruhig.
		„	26—27. Sehr ruhig.
		„	28—29. Sehr ruhig.
		„	30—31. Ruhig, 30. von $18^h$ an etwas Unruhe, am Tage stärker als Nachts.

1889.	Wilhelmshaven.	1889.	Potsdam.
Mai 31.	— Juni 1. Unbrauchbare Curve.	Juni 1—2.	Nachts ruhig, grössere Unruhe vom 1. 20 <sup>h</sup> bis 2. 6 <sup>h</sup> , mit Maximum um 2 <sup>h</sup> .
		„	3—4. Sehr ruhig.
		„	5—6. Sehr ruhig, tagsüber Spuren von Unruhe.
Juni 18—19.	Nachts ruhig; 19. über Tag erhebliche Unruhe, Curve zackig.	„	18—19. Sehr ruhig, auch am Tage.
„	20—21. Curve kaum sichtbar.	„	20—21. Sehr ruhig, auch am Tage.
„	22—23. Keine Curve.	„	22—23. Kleine Unruhe in den Tagesstunden, sonst ruhig.
„	24—25. Unvollständige Curve, ganz ruhig.	„	24—25. Sehr ruhig.
„	26—27. Ruhig, etwas Unruhe am Tage.	„	26—27. Sehr ruhig.
„	28—29. Sehr ruhig.	„	28—29. Sehr ruhig, 29. von 0 <sup>h</sup> bis 3 <sup>h</sup> etwas Unruhe.
Juni 30.	— Juli 1. Sehr ruhig; Juli 1. Unruhe über Tag und von 19 <sup>h</sup> an.	Juni 30.	— Juli 1. Sehr ruhig.
Juli 2—3.	Im Ganzen sehr ruhig.	Juli 2—3.	Schwache Spuren von Unruhe am Tage, sonst auffallend ruhig.
„	4—5. 4. unruhig bis 7 <sup>h</sup> . Juli 5. den ganzen Tag über unruhig. Viel kleine Wellen und Zacken.	„	4—5. Am Tage deutliche Unruhe, sonst ruhig.
„	6—7. Am Tage etwas unruhig.	„	6—7. 6. Nachts beginnt schwache Unruhe, die von 17 <sup>h</sup> an zunimmt. 7. tagsüber ziemlich stark, Nachts abnehmend und von 18 <sup>h</sup> an wieder wachsend.
„	8—9. Curve zackig am Tage. 8. grosse Störung, sonst ruhig.	„	8—9. Sehr ruhig bis auf Störung Juli 8.
„	10—11. 10. ruhig, von 14 <sup>h</sup> an bis Juli 11. 6 <sup>h</sup> Unruhe, dann still. Juli 11. 19 <sup>h</sup> die Curve bildet bei plötzlicher Ablenkung des Lichtpunktes eine Spitze. (Fig. 2.)	„	10—11. Häufig unruhig, besonders Juli 11. über Tag, dann sehr ruhig mit Ausnahme des Erdstosses.

1889.	Wilhelmshaven.	1889.	Potsdam.
Juli 12—13.	Im Ganzen ruhig.	Juli 12—13.	Durchweg sehr ruhig, auch am Tage.
„ 14—15.	Im Ganzen ruhig.	„ 14—15.	Unvollständige Curve, wo sichtbar, ruhig.
„ 16—17.	16. Unruhe über Mittag, sonst still, aber Curve oft wellig.	„ 16—17.	16. Unruheschon bei 0 <sup>h</sup> , welche, obwohl schwächer werdend, bis Juli 17. 9 <sup>h</sup> anhält, dann rasch zunimmt und den ganzen Tag über mit ziemlich beträchtlicher Amplitude andauert.
„ 18—19.	Im Ganzen ruhig, aber oft zackig und wellig, besonders im Maximum Juli 18.	„ 18—19.	Unruhe dauert fort bis gegen 9 <sup>h</sup> , dann schwächer, 19. sehr ruhig.
„ 20—21.	Juli 20. bei 0.4 eine Ablenkung wie Juli 11., Maximum sehr wellig, Nachts ruhig, dann mehr Bewegung tagsüber, ebenso 21. von 15 <sup>h</sup> an.	„ 20.	Sehr ruhig.
„ 22—23.	22. ziemlich unruhig und wellig, 23. am Tage etwas Unruhe, Nachts ruhig.	„ 21—25.	Fehlt.
„ 24—25.	Juli 24. 16 <sup>h</sup> bis 25. 8 <sup>h</sup> unruhig.	„ 26—27.	Im Ganzen ruhig. Juli 26. bis 15 <sup>h</sup> und 27. von 21 <sup>h</sup> an etwas Unruhe.
„ 26—27.	26. etwas Unruhe am Tage. Von 19 <sup>h</sup> bis zum Maximum am 27. schöne Zacken und Wellen. (Fig. 1.) Unruhe von 20 <sup>h</sup> an.	„ 28—29.	Zwei unruhige Tage, auch Nachts.
„ 28—29.	Beträchtliche Unruhe mit zwei Störungen bis 8 <sup>h</sup> . 19 <sup>h</sup> bis Juli 29. 7 <sup>h</sup> viel Unruhe, Nachts sehr still, von 19 <sup>h</sup> an etwas Unruhe.	„ 30—31.	30. ziemlich, 31. sehr ruhig.
„ 30—31.	Aehnlich, Nachts still, Zacken im Maximum.	Aug. 1—2.	Ruhig, Aug. 1. von 16 <sup>h</sup> an etwas Unruhe.
Aug. 1—2.	Ebenso.		

1889.	Wilhelmshaven.	1889.	Potsdam.
Aug. 3—4.	Etwas unruhig von 17 <sup>h</sup> an. Aug. 4. 4 <sup>h</sup> Unruhe und Erdstoss, dann ruhig.	Aug. 3—4.	Geringe Unruhe bis 4 <sup>h</sup> , dann erneute grössere Unruhe mit einem Erdstosse beginnend. Von Aug. 4. 4 <sup>h</sup> an wieder Ruhe, unterbrochen durch eine scharf begrenzte Störung bei 11 <sup>h</sup> .
„	5—6. Zunehmende Unruhe bis 6. 7 <sup>h</sup> mit Maximum in den Mittagsstunden, dann ruhiger, von 16 <sup>h</sup> an wieder viel Unruhe.	„	5—6. Am 5. bei 6 <sup>h</sup> kleine Nullpunktsänderung. Sehr ruhig. Aug. 6. bei 18 <sup>h</sup> beginnt grössere Unruhe.
„	7—8. Etwas unruhig, ausser Nachts, wo es sehr still ist. Maxima zackig. Aug. 8. bei 23 <sup>h</sup> seltensame Verschiebung der Curve (Nullpunktsänderung).	„	7—8. Starke Unruhe mit beträchtlicher Amplitude, die, allmählich schwächer werdend, bis Aug. 8. gegen 3 <sup>h</sup> dauert. Aug. 8. sehr ruhig.
„	9—10. Meist ruhig, unruhiger über Tag und zackig.	„	9—10. Curve schlecht, sehr ruhig, etwas Unruhe vielleicht während der letzten Stunden am 10.
„	11—12. Wie oben. 12. von 19 <sup>h</sup> an bei starker Bewegung des Nullpunktes Unruhe.	„	11—12. Curve schlecht, anscheinend grössere Unruhe von Aug. 11. 12 <sup>h</sup> an.
„	13—14. Bald wieder ruhig. Maximum zackig.	„	13—14. Ziemlich ruhig bis 12 <sup>h</sup> , dann Unruhe.
„	15—16. Im Ganzen ruhig bis auf Aug. 16. über Tag, wo es recht unruhig ist. Maximum der Unruhe bei 2 <sup>h</sup> bis 3 <sup>h</sup> .	„	15—16. Anfangs sehr ruhig, dann wachsende beträchtliche Unruhe von 15 <sup>h</sup> bis Aug. 16. 6 <sup>h</sup> dauernd.
„	17—18. Am Tage unruhig, Nachts ruhig.	„	17—18. 17. bis gegen 13 <sup>h</sup> etwas Unruhe, sonst sehr ruhig.
„	19—20. 19. ruhig, von 21 <sup>h</sup> an wachsende Unruhe, die Aug. 20. in ziemlicher Stärke andauert.	„	19—20. 19. sehr ruhig, 22 <sup>h</sup> beginnt Unruhe, die ziemlich beträchtlich wird und den 20. über andauert.

1889.	Wilhelmshaven.	1889.	Potsdam.
Aug. 21—22.	Unruhe nimmt ab bis 10 <sup>h</sup> , dann wächst sie und dauert in beträchtlichem Umfange bis Aug. 22. in die Nacht hinein. Maximum derselben bei 21 <sup>h</sup> . Nachts dann ruhig.	Aug. 21—22.	Fortdauernde Unruhe (Amplituden bis zu 7 <sup>P</sup> = 35 mm). Maximum derselben liegt bei 22. 0 <sup>h</sup> .
„	23—24. Sehr ruhig.	„	23—24. Nahezu vollkommene Ruhe. Spuren von Unruhe bis etwas nach 0 <sup>h</sup> und 24. von 15 <sup>h</sup> an.
„	25—26. Sehr ruhig, doch oft wellig und grosse Störung.	„	25—26. Anfangs etwas Unruhe und Störung bei 7 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> , dann sehr ruhig. 26. sehr still.
„	27—28. Sehr ruhig, am Tage etwas Unruhe.	„	27—28. Sehr ruhig, nur hier und da Spuren.
„	29—30. Sehr ruhig bis auf die Störung.	„	29—30. Zwei absolut ruhige Tage, Störung.
Aug. 31. —	Sept. 1. Sehr ruhig, doch etwas Unruhe Sept. 1. am Tage.	Aug. 31. —	Sept. 1. Sehr ruhige Tage.
Sept. 2—3.	Fast ganz ruhig.	Sept. 2—3.	Sehr ruhige Tage, 3. gegen Ende einige Spuren von Unruhe.
„	4—5. Fast ganz ruhig, am Tage etwas Bewegung.	„	4—5. Sehr ruhig; Störung zum Schluss.
„	6—7. Unvollständig. 7. von 20 <sup>h</sup> an beginnende stärkere Unruhe.	„	6—7. Absolut ruhig bis auf die grossen Störungen.
„	8—9. 9. tagsüber etwas Unruhe und Störung, aber sehr still des Nachts.	„	8—9. Vollkommene Ruhe.
„	10—11. Sept. 11. den ganzen Tag über Bewegung bis Nachts, ebenso später, Nachts ziemlich ruhig.	„	10—11. 10. sehr ruhig, 11. von 12 <sup>h</sup> an beginnt geringe Unruhe.
„	12—13. Sept. 12. 6 <sup>h</sup> sehr seltsame Störung des Nullpunktes wie Juli 11. (Fig. 6.) Ruhig, am Tage etwas Unruhe.	„	12—13. Geringe Unruhe am Tage, Nachts still.
„	14—15. 14. wechselnde Unruhe bis 15. 3 <sup>h</sup> , dann ruhiger.	„	14—15. Ebenso, 14. bei 13 <sup>h</sup> kleine Störung.

1889.	Wilhelmshaven.	1889.	Potsdam.
Sept. 16—17.	Nachts sehr ruhig, am Tage weniger.	Sept. 16—17.	Absolut ruhig, auch am Tage.
„ 18—19.	18. grosse Störung. Von 20 <sup>h</sup> an Unruhe, die den 19. über andauert, aber nicht sehr erheblich ist.	„ 18—19.	Absolut ruhig bis Sept. 19. 6 <sup>h</sup> (bis auf die grosse Störung), wo Unruhe beginnt.
„ 20—21.	Nicht sehr unruhig, aber äusserst wellig und zackig. Sehr wechselnd.	„ 20—21.	20. unruhiger Tag, 21. ruhiger, doch noch immer Spuren von Unruhe.
„ 22—23.	22. fehlt, 23. Anfangs unruhig, dann stiller.	„ 22—23.	Ziemlich ruhig mit geringen Unterbrechungen.
„ 24—25.	Anfangs ruhig, 6 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> Nullpunktsänderung, dann zunehmende Unruhe, die fast den ganzen 25. über andauert.	„ 24—25.	Wechselnde Unruhe, die Sept. 25. sehr beträchtlich wird (wie Aug. 21—22.).
„ 26—27.	Meist etwas unruhig.		
„ 28—29.	Curve verschwindet am Rande.		
Sept. 30. — Oct. 1.	Ziemlich ruhig, einige kleinere Störungen.		
Oct. 2—3.	3. tagsüber grössere Unruhe.		
„ 4—5.	Ziemlich ruhig. 5. grosse Störung.		

### Uebersicht über die Horizontalpendelcurven und mikroseismischen Störungen, Puerto Orotava, Teneriffa.

Bemerkung. Die Störungen sind charakterisirt durch die Buchstaben *S*, *A*, *B*, *C*, *E*. Es bedeutet  
*S* kleinere Störungen von der Form der Erdstösse, welche von vorbeipassirenden Leuten herrühren;  
*A* länger anhaltende complicirte Erschütterungen von der Art, wie sie in Potsdam und Wilhelmshaven beobachtet wurden;  
*B* seismische Unruhe;  
*C* Störungen von der Form complicirter Wellensysteme, oft übergehend in die Classe *A*;  
*E* Erdstösse, durch plötzliches Ausschlagen des Pendels und allmähliche Abnahme der Amplitude charakterisirt.

1890.		1890.	
Dec. 26.	} Nur <i>S</i> , sonst grosse Ruhe.	Dec. 30.	} Ruhige Curve.
„ 27.		„ 31.	
„ 28.	} Ruhige Curve.		
„ 29.			

1891.		1891.			
Jan. 1.	1.	Ganz ruhig.	Jan. 23.	1.	Äusserst ruhig.
„	2.		„	24.	
„	3.	Ganz ruhig.	„	25.	Ganz ruhig, kleine Störung bei
„	4.	Zwischen 18 <sup>h</sup> und 23 <sup>h</sup> grosse Störung <i>C</i> .	„	26.	3.91. Amplitude 9 mm.
„	5.	Vollkommen ruhig.	„	27.	Ganz ruhig, nur im Maximum etwas Unruhe.
„	6.		„	28.	Sehr ruhig bei starker täglicher Bewegung.
„	7.	Ganz ruhig. 3.80 kleine Störung von der Form <i>A</i> oder <i>E</i> von kurzer Dauer. Amplitude 12.5 mm.	„	29.	Sehr ruhig, geringe Unruhe 21 <sup>h</sup> bis 23 <sup>h</sup> .
„	8.	Sehr ruhig.	„	30.	Lampe versagte 16 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> bis 21 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> . Ganz ruhig. <i>S</i> zwischen 3 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> und 8 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> .
„	9.	Curve ruhig, kleinere Störungen <i>S</i> .	„	31.	Lampe versagte 18 <sup>h</sup> bis 21 <sup>h</sup> . <i>S</i> zwischen 1 <sup>h</sup> und 6 <sup>3/4</sup> <sup>h</sup> . Ganz ruhig. Vom Bogenwechsel bei 21 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> an bis gegen 23 <sup>h</sup> eigenthümliche Störung <i>A</i> , in der viele Phasen zu erkennen sind. Hauptphase 22.27. Amplitude 22 mm.
„	10.	Curve ruhig.	„	Febr. 1.	Lampe versagte 14 <sup>h</sup> bis 21 <sup>h</sup> . Sehr ruhig, nur <i>S</i> bis 5 <sup>h</sup> .
„	11.	Curve ruhig.	„	2.	<i>S</i> von 22 <sup>h</sup> bis 8 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> , sonst sehr ruhig. Lampe brannte schlecht zum Schluss.
„	12.	Curve ruhig, zwischen 20 <sup>h</sup> und 22 <sup>h</sup> Spuren von Unruhe.	„	3.	Etwas wellig und <i>S</i> bis 6 <sup>h</sup> , sonst sehr ruhig. Eine eigenthümliche Nullpunktsänderung im Betrage von 1.2 findet statt in den sonst durch Ruhe ausgezeichneten Abendstunden. Lampe versagt etwas von 14 <sup>h</sup> an. Bei 21 <sup>h</sup> <i>B</i> , unbedeutend.
„	13.	Ruhig, viele <i>S</i> . Hübsche Störung <i>A</i> bei 11.9 von kurzer Dauer.	„	3.	<i>S</i> zwischen 0 <sup>h</sup> und 6 <sup>h</sup> , sonst äusserst ruhig. Lampe erloschen 18 <sup>h</sup> bis 21 <sup>h</sup> .
„	14.	Kleiner Erdstoss <i>E</i> bei 15.05. Etwas Unruhe 20 <sup>h</sup> bis 22 <sup>h</sup> .			
„	15.	Ziemlich ruhig. 8.70 absichtliche Ablenkung des Pendels von aussen her, welche eine Störung <i>S</i> ergiebt.			
„	16.	Von 21 <sup>1/2</sup> <sup>h</sup> an Lampe erloschen, ruhig.			
„	17.	Kleine Unruhe bis 4 <sup>h</sup> .			
„	18.	Ruhig, Maximum etwas wellig.			
„	19.	Schwache Unruhe, von 18 <sup>h</sup> an versagte die Lampe.			
„	20.	Ganz ruhig.			
„	21.	Ganz ruhig.			
„	22.	Etwas Unruhe 0 <sup>h</sup> bis 3 <sup>h</sup> , Maximum wellig.			

1891.

- Febr. 4. } Viele *S* bis  $6\frac{1}{2}^h$ , sonst äusserst ruhig. Eine Störung vom Charakter *B* oder *C* bis gegen  $23^h$  dauernd, etwas verwaschen (Amplitude 11 mm).
- „ 5. } *S* bis  $6^h$ , sonst sehr ruhig. <sup>h</sup> 12.4 kleinere Störung vom Charakter *A* (Amplitude 6 mm). Bei  $20^h$  erste Anfänge einer grösseren Störung *A*. Bei  $20.7^h$  nehmen die Amplituden plötzlich zu und betragen beim Bogenwechsel 30 mm.
- „ 6. } Darauf Abnahme der Amplituden und Wiederanschwellen bei  $21.63^h$ . Bei  $22.0^h$  Ende der Hauptunruhe. *B* dauert fort bis gegen  $2^h$  und noch später. *S* bis  $6\frac{1}{2}^h$ , dann grosse Ruhe bis  $19^h$ , wo eine sehr schöne Störung *C* beginnt, welche <sup>h</sup> 23.4 ihr Ende erreicht.
- „ 7. } Etwas wellig und *S* bis  $7\frac{1}{2}^h$ , dann vollkommene Ruhe.
- „ 8. } Sehr ruhig, *S* bis  $8\frac{1}{2}^h$  und von  $18\frac{3}{4}^h$  an.
- „ 9. } *S* bis  $7^h$ . Etwas wellig und geringe Unruhe *B* tagsüber.  $7^h$  bis  $18^h$  grosse Ruhe von da an *S*.
- „ 10. } Schlechter Bogen, am Tage wellig und *S*.
- „ 11. }
- „ 12. } Wellig und *S* am Tage. Lampe versagte  $18^h$  bis  $21^h$ . Bei  $21^h$  letzte Spuren einer Störung *C*.

1891.

- Febr. 13. } Etwas wellig im Maximum. *S* bis  $4\frac{1}{2}^h$ . Lampe versagte  $19^h$  bis  $21^h$ . Beim Bogenwechsel trat eine grosse Störung *A* ein. Vor demselben ruhte anscheinend der Lichtpunkt, nachher wurde er in starker schwingender Bewegung (Amplitude vielleicht 100 mm) angetroffen. Ab- und Zunahme der Amplitude in mehreren Abschnitten. <sup>h</sup> 22.4 herrscht wieder Ruhe. Der Beginn der Störung dürfte sehr nahe auf  $21^h 17^m$  zu setzen sein.
- „ 14. } Lampe versagte eine Zeit lang. *S* bis  $7^h$ .
- „ 15. } Curve ruhig, im Maximum ist deutlich ein secundäres Minimum wahrzunehmen. <sup>h</sup> 19.3 Beginn einer grossen Störung *A*. Viele Abschnitte. Amplitude 37 mm. Schöne deutliche Phase dieser Störung bei  $21.5^h$ . Nochmaliges Anwachsen der Amplitude auf 47 mm, dann regelmässige Abnahme und Ruhe.
- „ 16. } Bogen stark belichtet. Etwas wellig im Maximum. *S* bis  $6\frac{1}{4}^h$ .
- „ 17. } *S* bis  $6^h$ ,  $19^h$  bis  $22^h$  *B* (oder *C*). Amplitude 8.5 mm.
- „ 18. } Schlechter Bogen. Viele *S*.
- „ 19. } Am  $18.$  bei  $2.78$  und  $6.00$  zwei Störungen *E*, die wahrscheinlich von *S* verschieden, doch ist dies unsicher.



- 1891.**
- Febr. 20. } Schlechter Bogen, Curve nur  
          } schwach sichtbar.
- „ 21. } Von 18<sup>1/2</sup><sup>h</sup> an bis 23<sup>1/2</sup><sup>h</sup> Stö-  
          } rung *C*.
- „ 22. } Viele *S* bis 6<sup>1/2</sup><sup>h</sup>.
- „ 23. } Maximum wellig. Febr. 22—23.  
          } ist eine allgemeine, aber un-  
          } bedeutende seismische Un-  
          } ruhe *B* bemerkbar. Anwachsen  
          } derselben von Febr. 23. 20<sup>h</sup>  
          } bis 24. 6<sup>h</sup>.
- „ 24. } Maximum wieder wellig. Von  
          } 15<sup>h</sup> an schwache Unruhe *B*.
- „ 25. } Viele *S* bis 6<sup>h</sup>, dann Ruhe.
- „ 26. } Maximum wellig. Viele *S* bis  
          } 7<sup>h</sup>. 22<sup>h</sup> kleine Störung *A*.
- „ 27. } Maximum wellig. *S* bis 9<sup>1/2</sup><sup>h</sup>.  
          } Bei 17.4<sup>h</sup> ziemlich plötzlicher  
          } Beginn einer grossen Störung,  
          } die theils den Charakter von *A*,  
          } theils von *C* trägt. Bei 20<sup>h</sup>  
          } wird wegen Versagens der  
          } Lampe die Curve zu schwach,  
          } um die Details zu erkennen.  
          } Ziemlich sicher handelt es sich  
          } um eine Störung *C*, denn auf  
          } dem folgenden Blatte findet  
          } sich die Fortsetzung derselben  
          } bis gegen 23<sup>1/2</sup><sup>h</sup>. Von da an  
          } vollständige Ruhe.
- „ 28. } Nur *S* bis 6<sup>1/2</sup><sup>h</sup>.
- März 1. } *S* von 18<sup>h</sup> bis 7<sup>h</sup> und von 19<sup>h</sup> an.
- „ 2. } Völlige Ruhe.
- „ 3. } Völlige Ruhe. <sup>h</sup> 0.69 kleiner Erd-  
          } stoss *E* (Amplitude 33 mm)  
          } von 20<sup>h</sup> an *B*.
- 1891.**
- März 4. } Maximum etwas wellig. *S* bis  
          } 8<sup>1/2</sup><sup>h</sup>. Etwas Unruhe *B* 19<sup>h</sup>  
          } bis 21<sup>h</sup>.
- „ 5. } Maximum wellig. Etwas Unruhe  
          } von 17<sup>h</sup> an, sonst sehr ruhig.
- „ 6. } Sehr ruhig, nur *S*.
- „ 7. } Sehr ruhig, deutliches secun-  
          } däres Minimum im Maximum.
- „ 8. } Wie vorstehend. *S* bis 7<sup>1/2</sup><sup>h</sup>.  
          } Etwas Unruhe 18<sup>h</sup> bis 22<sup>h</sup>.
- „ 9. } Wie vorstehend.
- „ 10. } Sehr ruhig. *S* bis 9<sup>h</sup>. Von 18<sup>h</sup>  
          } an etwas Unruhe.
- „ 11. } Aeusserst ruhig. Von 20<sup>h</sup> an  
          } Spuren von *B*.
- „ 12. } Aeusserst ruhig. Maximum wellig.  
          } Von 18<sup>h</sup> bis 22<sup>h</sup> Störung *C*.  
          } Bei 20.29<sup>h</sup> Erdstoss *E* (Ampli-  
          } tude 14 mm).
- „ 13. } Sehr ruhig. Maximum wellig.  
          } Von 17<sup>h</sup> an erst schwache Un-  
          } ruhe, dann Störung *C* bis 23<sup>h</sup>.
- „ 14. } Auffallende Welle im Maximum.  
          } Schwache Unruhe von 17<sup>h</sup> an.
- „ 15. } Sehr ruhig. *S* bis 7<sup>h</sup>. Geringe  
          } Unruhe von 17<sup>1/2</sup><sup>h</sup> an.
- „ 16. } Sehr ruhig. Maximum wellig.  
          } Grosse Störung *C* 18<sup>h</sup> bis 22<sup>h</sup>.  
          } Kleine Störung *A* 22.20<sup>h</sup>.
- „ 17. } Vollkommene Ruhe.
- „ 18. } Vollkommene Ruhe. Spuren von  
          } *B* im Minimum. Maximum  
          } etwas unruhig und wellig.
- „ 19. } Von 17<sup>h</sup> an kleine Unruhe, dann  
          } Störung *C*, in der einige  
          } einzelne Wellen erkennbar sind,  
          } sonst grosse Ruhe.

1891.

- März 20.) Maximum wellig, sonst sehr ruhig.  
 „ 21.)  
 „ 22.) Kleine kurze Störung bei 3<sup>h</sup>.  
 Etwas Unruhe 18<sup>h</sup> bis 0<sup>h</sup>.  
 „ 23.) Sehr ruhig.  
 „ 24.) Schlechter Bogen, Maximum  
 wellig. Lampe verlöschte.  
 „ 25.) Maximum wellig. Etwas Unruhe  
 gegen 19<sup>h</sup> bis 20<sup>h</sup>.  
 „ 26.) Aeusserst ruhig. Eine Störung  $A$   
 bei 12.5<sup>h</sup>, welche bis 13.7<sup>h</sup>  
 dauert (Amplitude 25 mm).  
 „ 27.) Sehr ruhig, Lampe verlöschte.  
 „ 28.) Sehr ruhig.  
 „ 29.) Sehr ruhig, Maximum etwas wellig.  
 „ 30.) Curve von 22<sup>h</sup> bis 5<sup>h</sup> gezackt  
 und wellig, sonst ruhig.  
 „ 31.) Von 19<sup>h</sup> an etwas Unruhe  $B$ .
- April 1.) Curve äusserst ruhig.  
 „ 2.) Curve äusserst ruhig, 15<sup>h</sup> bis 21<sup>h</sup>  
 Lampe mangelhaft.  
 „ 3.) Maximum wellig, sonst ruhig,  
 von 17<sup>h</sup> an geringe Unruhe.  
 „ 4.) Maximum wellig, kleine Störung  $A$   
 zwischen 9<sup>h</sup> und 10<sup>h</sup>.  
 „ 5.) Vollständige Ruhe.  
 „ 6.)  
 „ 7.) Curve schwach. Bei 22.7<sup>h</sup>  
 (April 6.) bis gegen 1<sup>h</sup> Stö-  
 rung  $A$ , deren Details aber  
 verschwinden. 14.8 bis 15.7<sup>h</sup>  
 kleine Störung  $A$ . Zwischen  
 19<sup>h</sup> und 22<sup>h</sup>  $C$  mit sehr schön  
 ausgesprochenen Wellen. Nä-  
 heres hierüber an anderer Stelle.  
 (Fig. 4.)  
 „ 8.) Welle im Maximum. Sehr ruhig.  
 Von 19<sup>h</sup> an geringe Unruhe.

1891.

- April 9.) Geringe Unruhe von 15<sup>h</sup> an  
 bis 21<sup>h</sup>.  
 „ 10.) Maximum etwas wellig. Lampe  
 versagte um 11<sup>h</sup>.  
 „ 11.) Curve ganz ruhig, unbedeutende  
 Unruhe und Wellen zwischen  
 Minimum und Maximum.  
 „ 12.) Ebenso.  
 „ 13.) Grosse Ruhe. Spuren von Un-  
 „ 14.) ruhe in den Vormittagsstunden  
 von 18<sup>h</sup> an.  
 „ 15.) Grosse Ruhe. Hier und da kleine  
 Wellen.  
 „ 16.) Grosse Ruhe. Hier und da kleine  
 Wellen.  
 Kurz vor 6<sup>h</sup> eine plötzliche ge-  
 ringe Nullpunktverschiebung  
 (0.13).  
 „ 17.) Kleine Wellen im Maximum.  
 Sehr ruhig. Zwischen 19<sup>h</sup> und  
 22<sup>h</sup> kleine Störung  $C$ . Oscil-  
 lationen wie April 7, aber nur  
 vereinzelt erkennbar.  
 „ 18.) Wie vorstehend, wiederum von  
 19<sup>h</sup> an schwache Störung  $C$ .  
 3 Oscillationen von ähnlicher  
 Periode, wie April 7. erkenn-  
 bar.  
 „ 19.) Wellig im Maximum, sonst grosse  
 Ruhe. Kleine Störung  $C$   
 zwischen 20<sup>h</sup> und 22<sup>h</sup>.  
 „ 20.) Aeusserst ruhig. Von 19<sup>1/2</sup><sup>h</sup> an  
 versagt die Lampe.  
 „ 21.) Sehr ruhig. Von 18<sup>h</sup> bis nach  
 21<sup>h</sup> sehr schöne Störung  $C$  mit  
 deutlich erkennbaren, wenn  
 auch sehr gedrängten Wellen.

1891.		1891.	
April 22.	Kleine Wellen im Maximum. Sehr ruhig. Von 18 <sup>h</sup> an schwache Spuren von Unruhe.	April 25. }	Ruhig, Maximum wellig.
„ 23. }	Sehr ruhig, Maximum wellig.	„ 26. }	Ruhig, Maximum wellig.
„ 24. }	Sehr ruhig, Maximum wellig. Bei 18 <sup>h</sup> plötzliche Verschiebung in der Ordinate um 0.3.	„ 27.	Sehr ruhig. Deutlicher Erdstoss bei 18.10. Amplitude 32 mm. Amplituden nehmen rasch ab.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung derjenigen Unterbrechungen der Ruhe des Pendels, welche wir als „Störungen“ im engeren Sinne bezeichnet haben. Es lassen sich hier verschiedene Arten unterscheiden. Eine Klasse dieser Störungen charakterisirt sich durch ihre Einfachheit als Folge eines einfachen Erdstosses, durch welchen das Pendel einen Antrieb erhält, nach welchem es unter allmählicher regelmässiger Abnahme der Schwingungsamplitude in die Ruhelage zurückkehrt (s. Taf. V, Fig. 7). Diese Form von Störungen kommt an allen drei Orten vor. Aus der Grösse der Amplitude lässt sich unter der Berücksichtigung der bekannten Constanten die relative Intensität des Stosses, beziehentlich der zur Aufzeichnung gelangenden Componente desselben messen, wenn wir nämlich als Maass derselben die dem Schwerpunkt des ruhenden Pendels ertheilte Anfangsgeschwindigkeit setzen. Ist diese  $v$ , ferner  $g$  die Beschleunigung durch die Schwerkraft und  $\alpha$  die in Secunden ausgedrückte Amplitude (für die halbe Oscillation), so ist

$$v = g \frac{T^2}{T\pi} \cdot \sin 1'' \cdot \alpha'' .$$

Für Orotava z. B. finden wir hiermit mittelst der an anderer Stelle angeführten Constanten und für ganze Amplituden berechnet:

Amplitude	$v$
10 mm	0.025 mm
20 „	0.050 „
30 „	0.075 „
40 „	0.100 „
50 „	0.125 „
60 „	0.150 „

Die Liste der in Wilhelmshaven und Potsdam beobachteten Störungen enthält von dieser Klasse acht Fälle, von denen sechs an beiden Orten beobachtet wurden, in den beiden anderen Fällen fehlte die Registrirung an

einem der beiden Orte. Es ist darnach kein Zweifel, dass wir es mit einer über die Erde hinschreitenden Erschütterung zu thun haben, wenn auch die Zeitangaben an beiden Orten zu ungenau sind, um den Zeitunterschied des Eintreffens der Bewegung feststellen zu können. Derselbe kann im günstigsten Falle, eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 2 km vorausgesetzt, für die beiden Stationen nicht viel mehr als 3 Min. betragen, wogegen die grösste Abweichung der beiderseitig aus den Curven abgeleiteten Zeitmomente 4 Min. ist.

In Teneriffa haben wir 6 Fälle derartiger Störungen, von denen vielleicht 2 als zweifelhaft gelten können. Im Ganzen sind dies also während einer 11 monatlichen Beobachtungszeit 14 Fälle, so dass diese Störungen nicht als selten anzusehen sind. Da es durch die Angaben der Seismographen bekannt geworden ist, dass eigentliche Erdbeben stets mit kleineren Schwingungen beginnen, welche rasch zu der Hauptbewegung anwachsen, so ist es unwahrscheinlich, dass die geschilderte Klasse von Störungen der Fernwirkung von Erdbeben zuzuschreiben sei. Als solche werden wir die zweite Klasse von Störungen erkennen. Jene sind vielleicht auf die allereinfachsten Vorgänge in der Erdkruste zurückzuführen, auf Dislocationen, welche sich in einem kurzen Zeitmoment vollziehen. Es ist mir nicht gelungen, für irgend einen der oben angeführten 14 Fälle Beziehungen zu anderweitig beobachteten Phänomenen aufzufinden, obwohl ich mit der Potsdam-Wilhelmshavener Liste eine grössere Zahl von Erdbebenberichten verglichen habe.

Die zweite Klasse der Störungen ist sehr viel complicirter Art. Es sind dies diejenigen Störungen, welche meist mit geringerer Bewegung des Pendels beginnen, mehr oder minder anwachsen und eine grosse Zahl verschiedener Phasen erkennen lassen, zwischen denen oft Momente der Ruhe des Pendels liegen. Diese Störungen dauern oft viele Stunden lang und beweisen, dass der Erdboden während ebenso langer Zeit sich in einem Zustande grösserer oder geringerer Unruhe befunden hat. Nicht in allen Fällen beginnen dieselben mit kleinen, gewissermaassen als Vorboten dienenden Schwingungen. In dem bekannten Falle des grossen centralasiatischen Erdbebens vom 11. bis 12. Juli 1889 trat die Erdbewegung plötzlich in voller Intensität ein. Die Folge davon war, dass an beiden Beobachtungsorten die Curve plötzlich scharf abbricht. In anderen Fällen sind die vorbereitenden Bewegungen klein und von nur sehr kurzer Dauer, wie beispielsweise bei der Störung 1889 August 25,

welche wahrscheinlich mit dem gleichzeitigen griechischen Erdbeben im Zusammenhang steht. Es liegt natürlich nicht in meiner Absicht, die einzelnen Fälle der beobachteten Erdbewegungen hier zu besprechen. Ich habe diejenigen Aufzeichnungen über beobachtete Erdbeben, welche mir aus den Zeitschriften „Humboldt“ und „Nature“ zugänglich waren, verglichen und doch nur in ganz wenigen Fällen Beziehungen mit einiger Sicherheit constatiren können. Hierfür mag zum Theil die grosse Unzuverlässigkeit der kurzen Erdbebennotizen der Grund sein. Von zahlreichen in weniger civilisirten fernen Ländern stattfindenden vulkanischen Erscheinungen und Erdbeben gelangen sicherlich gar keine oder äusserst unzureichende Nachrichten zu uns, mit denen für eine genaue Vergleichung nichts zu machen ist. Doch will ich nicht unterlassen zu bemerken, dass in Folge langer Abwesenheit im Auslande und der für mich bestehenden Unmöglichkeit, nachträglich eine grössere Zahl von Schriften durchzusehen, mir vielleicht manche Notiz entgangen ist, die zu meinen Beobachtungen in Beziehung gebracht werden könnte.

Später hervorzuhebende Gründe nöthigen mich zu der Annahme, dass in den meisten Fällen kleinere Erdbeben, auch wenn sie unter der Bevölkerung des betreffenden Gebiets Aufmerksamkeit hervorrufen, sich nicht auf sehr grosse Entfernungen fortpflanzen. Es müsste sich sonst in unserer Beobachtungsreihe eine viel grössere Anzahl derartiger Störungen vorfinden, denn das Verzeichniss der um dieselbe Zeit in europäischen Ländern stattgehabten Erdbeben ist ziemlich lang. Ein Fall möge besonders hervorgehoben werden. 1889 Mai 30 wurden in Nordfrankreich und dem südlichen England zwischen 8<sup>h</sup> und 9<sup>h</sup> Abends viele heftige Erdstösse wahrgenommen. Trotzdem findet sich auf der Curve der dem Centrum dieser Erdbewegung so nahe gelegenen Station Wilhelmshaven nur eine sehr geringe Störung, die mit diesen Erscheinungen in Zusammenhang gebracht werden könnte und auf der Potsdamer Curve vollends keine Spur. Ein zweiter Fall ist folgender. Während des Verlaufs der Beobachtungen in Teneriffa fanden in der Nachbarschaft der Insel Madeira am 6. Januar 1892 bedeutende, jedenfalls durch submarine Vorgänge verursachte Erdrutsche an den Desertas-Inseln statt. Ein Telegraphenkabel brach und eine Erdbebenwelle überschwemmte Theile der Südküste Madeiras. Ungeachtet dieser jedenfalls erheblichen Störungen in nächster Nachbarschaft zeigen die Curven in Teneriffa keine Spur einer Störung des Pendels.

Gegenüber diesen Feststellungen darf es als ziemlich sicher betrachtet werden, dass die Mehrzahl der in Wilhelmshaven und Potsdam beobachteten grösseren Erderschütterungen ihren Ursprung in sehr weiter Ferne genommen habe und dass dieselben von bedeutenderen Vorgängen als es die meisten Erdbeben sind, verursacht wurden. Die Störung Juli 11, welche zu den hervorragendsten gehört, ist über einen Weg von 4800 km, diejenige von April 17, wenn meine Annahme zutrifft, über einen Weg von etwa 9000 km zu uns gelangt. Hiernach wird das empfindliche Instrument uns auch von ähnlichen Erscheinungen, die bei unseren Antipoden stattfinden, sichere und raschere Kunde geben, als es der Telegraph vermag.

Unter der Annahme, dass die Bewegung sich in der Hauptsache nicht durch das Erdinnere, sondern auf der Erdoberfläche fortpflanzt, ist es dann nicht ausgeschlossen, dass dieselbe auf zwei verschiedenen, einander zum grössten Kreise ergänzenden Wegen zu uns gelange. In der That ist es auffällig, dass zuweilen zwei gleichartige Störungen in kurzem Zwischenraume aufeinanderfolgen, z. B. Mai 25 und Juli 28. Im ersteren Falle beträgt die Zwischenzeit  $3\frac{1}{2}^h$ , im letzteren  $2\frac{1}{2}^h$ . Setzen wir den Erdumfang gleich 40 000 km, so wird eine Erdbewegung bei 2 km Geschwindigkeit in der Secunde denselben in etwa  $5\frac{1}{2}^h$  durchlaufen. Obige Zwischenzeiten würden dem nicht widersprechen.

Zur Bestimmung der mittleren Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Erdbewegungen im Erdkörper erscheinen die vorliegenden Beobachtungen sehr geeignet. An Seismographen hat es auch bisher nicht gefehlt, wohl aber an Instrumenten, welche schwache Erdbewegungen in ähnlichem Umfange registriren, wie das Horizontalpendel. Bei den grossen in Betracht kommenden Entfernungen sind die Fehler der Zeitbestimmung von keiner grossen Bedeutung. Wenn es nur gelingt, die Phasen der am Anfang und Ende des Weges beobachteten Bewegungen einigermaassen zu identificiren, und dies wird sicherlich in vielen Fällen möglich sein, so erhalten wir ein sehr werthvolles Material zur Lösung des erwähnten Problems. Noch wichtiger wird die Verbindung mehrerer Horizontalpendelstationen sein. Setzen wir z. B. den Fall, es hätten zur Zeit des centralasiatischen Erdbebens 1889 Juli 11 ausser den europäischen entsprechende Beobachtungsstationen in Japan und dem Süden Vorderindiens bestanden, so unterliegt es kaum einem Zweifel, dass an allen diesen Stationen das Phänomen zur Beobachtung gelangt sein würde. Falls

dann nicht auf den sehr verschiedenen Wegen, welche die Wellen zurückzulegen hatten, eine besondere Modification derselben eingetreten wäre, so würde sich voraussichtlich an den drei Endstationen die Erscheinung der Hauptsache nach wenigstens in derselben Weise aufgezeichnet haben. Gerade das Erdbeben vom 11. Juli liefert aber ein Beispiel einer überaus scharf begrenzten Phase.

Von den in der Liste der Störungen enthaltenen Erdbewegungen wollen wir nun drei einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Die erste derselben fand am 17. April 1889 statt und habe ich darüber seiner Zeit bereits in einer Zuschrift an „Nature“ berichtet. Diese Störung ist eine der auffallendsten und gelangte besonders in Potsdam sehr schön zur Darstellung, weil an diesem Tage die Intensität der Beleuchtungslampe ausreichte, um auch die grössten Ausschläge des Pendels aufzuzeichnen (s. Fig. 3). Zufällig fand ich in der „Nature“ eine Notiz über ein Erdbeben in Tokio, welches zu gleicher Zeit beobachtet wurde und sich vor allen bis dahin beobachteten durch die Grösse und Langsamkeit der Schwingungen auszeichnete. Es schien mir sogleich wahrscheinlich, dass eine Bewegung dieser Art sich auf weitere Entfernungen übertragen müsse. Unter der Annahme, dass die Uebertragung auf der Erdoberfläche erfolgt, fand ich nun Folgendes. Die kürzeste Distanz zwischen Tokio und einem auf der Mitte zwischen Potsdam und Wilhelmshaven gelegenen Punkte ist 9000 km (die geradlinige Entfernung beträgt 8264 km). Für den Hauptstoss daselbst haben wir die Zeitangabe April 18, 2<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> 41<sup>s</sup> p. m. = April 17, 16<sup>h</sup> 48.4<sup>m</sup> M. Zt. Greenwich. Der Beginn der Störung auf den beiden Pendelcurven ist kein scharfer, dieselbe wird eingeleitet durch kleinere Schwingungen, welche aber an beiden Orten um etwa dieselbe Zeit plötzlich sehr beträchtlich zunehmen. In Potsdam ist dieser Moment besonders scharf markirt, die Amplitude der Schwingungen steigt plötzlich auf 154 mm und nimmt dann rasch wieder ab. Die Zeitmomente für das plötzliche Anwachsen der Störung sind 17<sup>h</sup> 51<sup>m</sup> und 17<sup>h</sup> 54.3<sup>m</sup> M. Zt. Greenwich, beziehentlich für Wilhelmshaven und Potsdam. Nehmen wir im Mittel 17<sup>h</sup> 52.7<sup>m</sup>, so findet sich, dass die Erdbewegung 64.3<sup>m</sup> gebraucht hat, um von Tokio zu uns zu gelangen und dass sie mit einer mittleren Geschwindigkeit von 2.334 km sich fortgepflanzt hat. Bei geradliniger Fortpflanzung durch den Erdkörper würde die Geschwindigkeit nur 2.142 km betragen. Diese Zahl ist etwas höher als die

aus Experimenten folgenden Geschwindigkeiten. Sie steht aber mit denselben nicht im Widerspruch, da sowohl die Beschaffenheit des Terrains als auch die Intensität der ursprünglichen Bewegung grosse Verschiedenheiten der Geschwindigkeit bedingen. Somit können wir sagen, dass in dem vorliegenden Fall die Annahme der Identität dem beobachteten Zeitunterschied gut entspricht.

Der zweite Fall, den wir betrachten wollen, ist das centralasiatische Erdbeben Juli 11—12 (s. Fig. 2). Nach einer Notiz von Marcuse in den „Astronomischen Nachrichten“ wurde das Eintreffen der Erdbewegung am Niveau des Universaltransit auf der königlichen Sternwarte zu Berlin um  $11^h 27^m$  M. Zt. =  $10^h 33^m$  M. Zt. Greenwich bemerkt. Hiergegen geben meine Apparate übereinstimmend ein früheres und zwar absolut scharfes Eintreffen um  $10^h 23.1^m$  in Potsdam und um  $10^h 22.8^m$  M. Zt. Greenwich in Wilhelmshaven. In keinem anderen Falle lässt sich der Beginn einer Störung mit gleicher Sicherheit wie hier festlegen. Die einzige Notiz, die ich über Ort und Zeit des Erdbebens, abgesehen von den Zeitungsberichten, gefunden habe, ist die a. a. O. enthaltene, nämlich dass der Hauptstoss Juli 12. um  $3^h 15^m$  a. m. in Wjernoje stattfand. Mittelst der geographischen Coordinaten dieses Ortes, die in den „A. N.“ mitgetheilt werden, finde ich die Distanz 4806 km, die Längendifferenz gegen Greenwich ist  $5^h 7.6^m$  östlich, also fand der Hauptstoss Juli 11.  $10^h 7.4^m$  statt. Hiernach wäre derselbe schon nach  $16^m$  bei uns angekommen, woraus sich die jedenfalls unzulässige Fortpflanzungsgeschwindigkeit von nahezu 5 km pro Secunde ergibt. Es bleibt daher, wenn die Zeitangabe aus Wjernoje genau sein sollte, nicht Anderes übrig, als anzunehmen, dass der Hauptstoss nicht den Anfang der Bewegung bildete. Da der Zusammenhang beider Erscheinungen in diesem Falle ausser Frage steht, so lässt sich berechnen, dass die dem Anfange der Störungen auf der Pendelcurve entsprechende Phase der Bewegung in Wjernoje etwa  $20^m$  vor dem eigentlichen Erdstoss eintrat.

Ein ähnlicher Fall ist der folgende. Am 25. August 1889 fand im corinthischen Meerbusen ein heftiges Erdbeben statt. Ueber dasselbe findet sich eine nähere Mittheilung in Petermanns geogr. Mittheilungen Bd. 35, Nr. 12. Einer Nachricht aus Patras zufolge ereignete sich daselbst um  $9^h 10^m$ <sup>1)</sup> eine

<sup>1)</sup> Nach Prof. Kokides um  $9^h 8^m$  Athen. Zt. =  $7^h 28^m$  Gr. Zt. (Vergl. Astr. Nachr. 3086.) Ist diese Angabe richtig, so ändert sich die Schlussfolgerung dahin, dass die Entfernung von 1853 km in  $6.5^m$  zurückgelegt wurde.



heftige Erderschütterung, welche  $10^s$ — $12^s$  andauerte. Diese Zeitangabe dürfte genau sein, da in dem Bericht auf die Angaben eines Seismographen Bezug genommen ist. Nach den Angaben der Karte ist die Lage von Patras  $+38.23$  nördl. Breite und  $21.78$  östl. von Greenwich, so dass der Erdstoss um  $7^h 42.9^m$  Gr. Zt. erfolgte. Auf meinen Curven findet sich nun annähernd um diese Zeit eine Störung, deren Anfang ziemlich scharf markirt ist, und zwar sind die Zeiten für den Beginn der Störung

$7^h 37^m$  für Potsdam,

$7 32$  „ „ Wilhelmshaven.

Nehmen wir das Mittel dieser Angaben bezogen auf einen mittleren Punkt zwischen beiden Orten, so ergibt sich, dass daselbst der Beginn der Erdbewegung  $8\frac{1}{2}^m$  früher beobachtet worden ist, als der Hauptstoss in Patras wahrgenommen wurde. Die Entfernung zwischen beiden Orten beträgt  $1853$  km, welche unter der Voraussetzung einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit von  $2$  km einer Zeitdifferenz von  $15^m$  entsprechen würde. Auch in diesem Falle haben wir also, falls nicht das Zusammentreffen der Störung mit dem Erdbeben ein rein zufälliges ist, eine Verfrühung des Eintreffens der Bewegung gegen deren Hauptphase um  $23\frac{1}{2}^m$ . Ein zufälliger Beobachter am Horizontalpendel würde dasselbe also schon  $8^m$  früher in Bewegung gesehen haben, als in einer Entfernung von  $1853$  km die Erdbewegung wahrgenommen wurde. Die beiden hier erwähnten Fälle liefern den Beweis, wie wichtig für die Ermittlung der Geschwindigkeit der Fortpflanzung die Verbindung der Beobachtungen zweier Horizontalpendel in genügender Entfernung von einander sein wird.<sup>1)</sup> Der Charakter der Störung ist an beiden Orten derartig, dass die ermittelten Zeit-

<sup>1)</sup> Auch die neueren Beobachtungen weisen verschiedene correspondirende Störungen auf. Es wurden solche z. B. aufgezeichnet

	in Strassburg (Beobachtungen im I. Vertical)	in Nikolajew (Beobachtungen im Meridian)
1892 April 12.	$16.1^h$	$16.5^h$
April 19.	$7.0^h$	$7.2^h$
	$9.1^h$	$9^h - 10^h$
April 21.	$16.6^h - 17.6^h$	$16.5^h - 17.6^h$

Die Zeitangaben bedeuten M. Zt. Nikolajew.

Das grosse Erdbeben von San Francisco am 19. April 1892 scheint seine Erschütterungswellen bis nach Europa ausgebreitet zu haben, wenigstens verzeichnet die Strassburger Curve eine kleinere Störung bei  $0.2$ , während die Haupterschütterung gegen  $2^h 45^m$  Morgens statt-

momente als zu derselben Phase der Bewegung gehörig mit Recht betrachtet werden können.

Als eine Eigenthümlichkeit der Störungen dieser Klasse muss noch hervorgehoben werden, dass dieselben häufig durch Momente der Ruhe unterbrochen sind. Besonders auffällig ist dies am Schlusse der grossen Störung Juli 11 in Wilhelmshaven, wo ein dreimaliges Anwachsen und Abnehmen der Pendelschwingungen stattfindet, welches auf eine entsprechende periodische Veränderung der Bewegung des Erdbodens hinweist. Ein ähnliches Verhalten zeigt die Curve September 18 in Wilhelmshaven.

Wir haben in die bisherige Betrachtung der Störungen der zweiten Art die Beobachtungen in Teneriffa noch nicht eingeschlossen, weil wir hier vorzugsweise einer anderen Klasse von Störungen begegnen. Während der viermonatlichen Beobachtungsperiode finden wir nur 8 Fälle von der eben beschriebenen Art, auch handelt es sich um Störungen von geringem Umfange. Dieselben fanden statt Januar 7, 13, 25, Februar 5, März 22, 26, April 4, 7. Ausser diesen Fällen enthält die Uebersicht der Beobachtungen noch eine grössere Anzahl ähnlicher Störungen (die dort mit dem Buchstaben *A* bezeichnet sind), welche sämmtlich in die Vormittagsstunden von 17<sup>h</sup>—24<sup>h</sup> fallen, und die wir aus sogleich hervorzuhebenden Gründen als auf anderer Ursache beruhend ausgeschieden haben.

In unserer Zusammenstellung finden wir 52 Tage, welche durch grössere oder geringere Unruhe in den Vormittagsstunden, d. h. um die Zeit der westlichen Elongation des Pendels, ausgezeichnet sind. Innerhalb derselben Zeitgrenzen liegen nun alle die daselbst durch *C* gekennzeichneten Störungen. Aus einzelnen Fällen, in denen sich die Details dieser Störungen mit grösserer Deutlichkeit unterscheiden lassen, ist zu entnehmen, dass es sich bei denselben um ein mehr oder minder gesetzmässiges Hin- und Herbewegen der Gleichgewichtslage des Pendels, nicht aber wie im obigen Falle um Schwingungen

---

gefunden hat. Der Längenunterschied ist 8<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>. Mit diesen allerdings noch wenig zuverlässigen Daten wird man auf eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von etwas über 3 km geführt.

Einige magnetische Beobachter sind der Ansicht, dass die auf den magnetischen Photogrammen zuweilen wahrgenommenen Erdbebenstörungen nicht durch die Erschütterung direct, sondern durch einen durch dieselbe hervorgerufenen Strom erzeugt werden. Das Horizontalpendel, welches frei von solchen Einflüssen ist, verzeichnet nur durch Erschütterung zahlreiche Störungen, welche auf den magnetischen Photogrammen nicht wahrzunehmen sind.

handelt. Diese Oscillationen des Pendels geschehen in sehr verschiedenen Zeitintervallen, welche indessen im Allgemeinen so kurz sind, dass bei dem langsamen Vorrücken der Walze (pro Stunde 11 mm) die Einzelheiten der Erscheinung nur sehr undeutlich sichtbar werden. Obgleich die Oscillationen sehr dicht zusammengedrängt sind, so lassen sich doch in mehreren Fällen mittelst der Lupe etwas eingehendere Studien an der Curve vornehmen.

Einen solchen Fall bietet die Störung am 5. Januar 1891. Hier erfolgen zu Anfang die Oscillationen so regelmässig, dass dieselben mit Hilfe der Lupe gezählt werden können. Von  $6^{\text{h}} 37.0^{\text{m}}$  bis  $7^{\text{h}} 14.8^{\text{m}}$  enthält die Curve 50 halbe Schwingungen, von  $7^{\text{h}} 14.8^{\text{m}}$  bis  $7^{\text{h}} 54.4^{\text{m}}$  weitere 53, nachher wird die Bewegung zu unregelmässig, um die Auflösung in Einzelschwingungen zu gestatten. Aus vorstehenden Zahlen folgt, und zwar übereinstimmend für beide Abschnitte, dass die Dauer einer halben Oscillation  $45^{\text{s}}$  beträgt. Aus dem Wechsel der Amplituden ist deutlich zu ersehen, dass diese Wellen einem anderen System von Wellen von längerer Dauer superponirt sind. In diesem Falle aber lässt sich über letzteres nichts Näheres aussagen.

Dagegen haben wir April 7 ein ausserordentlich interessantes Beispiel von der Existenz dieser Wellen längerer Periode (s. Fig. 4). Auf einer Strecke von  $1.65^{\text{h}}$  Länge sind dieselben mit grösster Deutlichkeit sichtbar; so dass die Curve ein sägenförmiges Aussehen erhält. Auf diesem Curvenstück lassen sich 26 halbe Oscillationen zählen, deren Anfang und Ende auf  $19.81^{\text{h}}$  und  $21.46^{\text{h}}$  fallen. Das Ende der 13. halben Oscillation liegt bei  $20.53^{\text{h}}$ . Aus diesen Angaben ist zu ersehen, dass die Schwingungen nicht völlig isochron vor sich gingen, indem die ersten 13 nur  $0.72^{\text{h}}$ , die letzten 13  $0.93^{\text{h}}$  erforderten. Im Mittel ist die Dauer der Oscillation  $3.81^{\text{m}}$ , die ganze Amplitude derselben beträgt im Maximum  $0.5$  Scalentheile =  $0.07^{\text{h}}$ . Von besonderem Interesse ist es, dass sich mit der Lupe auf dem System obiger Wellen andere Wellen als superponirt erkennen lassen. Dieselben sind derart zusammengedrängt, dass sich nur die ungefähre Zahl derselben bestimmen lässt. Es kommen nämlich auf jede ganze grössere Welle 5—6 kleinere Wellen, so dass die Dauer der letzteren fast genau mit derjenigen der Wellen im vorgenannten Falle übereinstimmt.

Diese Beobachtungen verleihen einer älteren Beobachtung aus Potsdam, auf welche ich früher Bezug genommen habe, besonderen Werth. Während

der Zeit, in der ich daselbst Versuche mit Glycerindämpfung vornahm, am 11. Februar 1889, wurde um 7<sup>h</sup> p. m. eine sehr eigenthümliche Bewegung des Pendels wahrgenommen. Während der Nullpunkt sich stark bewegte und bei vollkommener Abwesenheit jeglicher Unruhe sind in der Curve von 8<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> bis 10<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> eine grosse Anzahl regelmässiger Wellen zu sehen. Diese Beobachtung fand statt bei einer sehr empfindlichen Stellung des Pendels (1 mm = 0.01677). Die Dauer einer Oscillation betrug im Durchschnitt 9 m bei einer Amplitude von 0.1. Die Verhältnisse sind also sehr ähnliche, wie in dem oben angeführten Falle in Teneriffa und wir dürfen sicher annehmen, dass in beiden Fällen eine Erdbewegung von überraschender Regelmässigkeit stattgefunden hat.

Unsere Beobachtungen in Teneriffa weisen noch mehrere Fälle auf, in denen der Unterschied gegen die früher betrachtete zweite Klasse der Störungen sehr deutlich wahrnehmbar ist, z. B. Februar 6, 18, März 16 u. a. Alle diese Störungen finden zwischen 17<sup>h</sup> und 24<sup>h</sup> statt, das Maximum derselben liegt zwischen 20<sup>h</sup> und 21<sup>h</sup>, d. h. es fällt genau mit der westlichen Elongation des Pendels zusammen. Nur in wenigen Fällen ist es möglich, wie oben einzelne Wellen zu zählen, wie z. B. März 19. Es ist nun wahrscheinlich, dass alle die oben angeführten 52 Fälle von Unruhe in den Tagesstunden nichts Anderes sind, als Störungen derselben Art von grösserer oder geringerer Intensität, zumal dieselben fast durchweg in denselben Zeitgrenzen eingeschlossen sind. Dasselbe ist der Fall mit einer Anzahl grösserer Störungen von der Form *A*, welche wir sonst zu der zweiten Klasse der Störungen rechnen müssten. Solche Fälle sind Januar 30, Februar 5, 13, 15, März 6. Februar 13 wurde zufällig der Anfang der Störung direct beobachtet, während der neue Bogen aufgelegt wurde. Nachdem dies geschehen war, wurde der Lichtpunkt in starken Schwingungen angetroffen, während derselbe sich vorher nicht merklich bewegte. Obwohl also in diesen Fällen die Form der Bewegung eine andere ist, so ist doch mit Rücksicht auf die Beschränkung derselben auf dieselben Tagesstunden ein innerer Zusammenhang mit den Störungen *C* wahrscheinlich. Noch ist zu bemerken, dass die Störungen der Klasse *A*, welche auf andere Tagesstunden fallen, durchweg nur unbedeutend sind. Wenn wir dieselben daher wie früher auf entfernte seismische Phänomene zurückführen, so dürfte vielleicht die Annahme ge-

stattet sein, dass die Erdbewegung bei ihrem Uebergange durch submarine Flächen eine Abschwächung erleidet. Es müsste sonst auffallen, dass in der viermonatlichen Beobachtungszeit mit Ausnahme der durch ihr Gebundensein an bestimmte Zeitgrenzen ihre lokale Entstehung verrathenden Störungen keine einzige von grösserem Belange vorkommt.

Ohne dass es möglich wäre, wegen der geringen Ausdehnung des Beobachtungsmaterials über diesen Punkt zu einem abschliessenden Urtheile zu gelangen, können wir es doch andererseits als feststehendes Resultat hinstellen, dass eine gewisse Phase der täglichen Bewegung des Pendels durch merkwürdige Erdbewegungen charakterisirt ist, wie sie bisher noch nicht zur Beobachtung gelangt sind. Es liegt wohl sehr nahe, als den Ausgangspunkt derselben das benachbarte grosse vulkanische Centrum zu betrachten. Könnte man etwa noch Zweifel hegen, dass die tägliche Bewegung des Pendels wirklich die Folge einer allgemeinen Erdbewegung sei, so scheint mir in der eben festgestellten Thatsache ein wichtiges Argument zu liegen. Wir finden, dass bei dem durch die periodische Bewegung des Erdbodens bedingten Wechsel der Spannung in demselben zu bestimmten Zeiten Erschütterungen stattfinden, zu deren Erzeugung vielleicht die Existenz innerer Kräfte nothwendig ist, wie wir sie in dem vorliegenden Falle anzunehmen berechtigt sind.

Der Uebergang, welchen wir bei den Beobachtungen in Teneriffa zwischen den Störungen der durch *A* und *C* charakterisirten Klassen wahrnehmen, beweist vielleicht, dass der Unterschied nur ein scheinbarer ist, indem bei sehr intensiven Bewegungen leicht der Fall eintreten kann, dass das Pendel in Schwingungen geräth. Ist dies einmal der Fall, so werden dieselben um so eher fortgesetzt werden, wenn zufällig die Oscillationen der Erdrinde mit denen des Pendels übereinstimmen und dem letzteren dadurch einen neuen Antrieb ertheilen.

Wenn wir die Gestaltung des Terrains in Orotava und die complicirte Zusammensetzung der Erdkruste daselbst erwägen, so ist das Vorkommen einer so regelmässigen Wellenbewegung, wie Januar 5 und April 7 in derselben jedenfalls sehr überraschend. Wenn wir für die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit solcher Erdbewegungen den jedenfalls nicht zu hoch gegriffenen Werth von 2 km setzen, so ist aus den durch die Curven ge-

gegebenen Daten über Dauer und Amplitude der Wellen die entsprechende Hebung und Senkung des Terrains leicht zu berechnen. Für die grösseren Wellen 1891 April 7, finden wir auf diese Weise bei einer Zeitdauer der Welle von 7.62 Min. und einer Amplitude von 0.0732 die (lineare) Länge derselben 914 km und den Unterschied zwischen Wellen-Berg und -Thal 51.6 mm. Die Beobachtung in Potsdam 1889 Februar 11 ergibt bei 9 Min. Oscillationsdauer und 0.1 Amplitude die entsprechenden Zahlen 1080 km und 83.4 mm. Für die kleineren Wellen, wie sie Januar 5 in Teneriffa beobachtet wurden, betrug die Periode  $1\frac{1}{2}$  Min. und die Amplitude etwa 0.15, woraus sich bei einer Wellenlänge von 180 km eine Niveaudifferenz von 20.5 mm ergibt. Diesen Zahlen gegenüber möge hervorgehoben werden, dass halbtägige körperliche Gezeiten der Erde, deren Coefficient am Aequator 0.01 wäre, ein Steigen und Sinken des mittleren Niveaus um 155 mm, im Ganzen also eine Niveaudifferenz von 310 mm erzeugen würden, d. h. nur das Vierfache der oben angeführten, sicher verbürgten Differenz.

Da übrigens nicht anzunehmen ist, dass unter den wenigen Fällen, in denen wir solche regelmässige Wellenbewegungen feststellen konnten, sich gerade die intensivsten Bewegungen dieser Art befunden haben sollten, so dürfen wir schliessen, dass die vermutheten körperlichen Gezeiten sehr nahe von der Ordnung dieser Wellenbewegungen sind, soweit es sich um die durch dieselben erzeugten Niveaudifferenzen handelt.

Die Verbindung der Beobachtung solcher Wellenbewegungen mit den auf demselben Wege leicht zu erhaltenden Bestimmungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit wird dazu führen, uns eine genauere Kenntniss der Elasticitätsverhältnisse der oberen Erdschichten zu geben. Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass die Beobachtungen sich zu diesem Zwecke erheblich verfeinern lassen, indem sowohl dem Pendel eine grössere Empfindlichkeit, als auch der Walze eine raschere Rotation gegeben wird. Das Studium dieser Erscheinungen wird besonders in solchen Fällen erleichtert sein, in welchen man, wie in Orotava, das Eintreffen der Wellenbewegung innerhalb eines enger begrenzten Zeitintervalls erwarten kann.

Es bleibt uns noch eine eigenthümliche Form von Störungen zu erwähnen, die sich wiederum unter den Beobachtungen aller drei Orte vorfindet. Es sind dies gewisse plötzliche Ablenkungen des Lichtpunktes, deren Resultat

eine momentane Verschiebung des Nullpunktes ist. Die auffallendsten Fälle dieser Art sind folgende:

- 1) Potsdam, April 9. wandert um 6<sup>h</sup> 36<sup>m</sup> der Lichtpunkt plötzlich um  $1.7^p (= 0.34)$  von Ost nach West. Diese Aenderung bleibt bestehen. Dass sie nicht momentan stattgefunden hat, geht daraus hervor, dass das Pendel nicht in Schwingungen gerathen ist, vielmehr continuirlich in die neue Ruhelage übergang. (S. Fig. 5.)
- 2) Wilhelmshaven, Juli 11. 19<sup>h</sup> und September 12. 6<sup>h</sup> erleidet der Nullpunkt eine seitliche Ablenkung, welche aber bald wieder zurückgeht. Auf einer Barographencurve würde eine ähnliche Erscheinung durch den Vorübergang eines sehr tiefen, räumlich eng begrenzten Minimums erzeugt werden. Bei den bekannten Beziehungen, die in Wilhelmshaven zwischen Luftdruck und Nullpunkt des Pendels bestehen, würde man jene Ausschläge in der That durch eine Luftdruckwelle erklären können, in beiden Fällen ist der Sinn derselben derartig, dass sie einer plötzlichen Luftdruckverminderung entsprechen. Indessen sind mir barometrische Beobachtungen dieser Art nicht bekannt geworden. (S. Figg. 2 und 6.)
- 3) Wilhelmshaven, August 8. 23<sup>h</sup> und September 24. 6<sup>1/2</sup><sup>h</sup> finden Nullpunktveränderungen statt, welche nicht wie in den unter 2 aufgeführten Fällen zurückgehen, vielmehr dem erstgenannten Falle ähneln.
- 4) Orotava, Februar 2. bewegt sich der Nullpunkt in den durch vollkommene Ruhe ausgezeichneten Abendstunden plötzlich um den Betrag von  $1.2^p (= 0.17)$  nach Ost, so dass die sonst ganz gerade verlaufende Curve zweimal gebrochen erscheint. In diesem Falle ist der Uebergang kein momentaner, sondern erfordert einige Zeit, nämlich von 9.3<sup>h</sup> bis 10.6<sup>h</sup>. Der Verlauf der Curve nach Vollendung der Störung ist vollkommen dem früheren entsprechend.

Ausser den vorstehend aufgeführten Fällen ist eine grössere Zahl von solchen vorhanden, bei denen es sich um nur geringe Verschiebungen handelt. In allen diesen Fällen bietet der Verlauf der Basiscurve eine Controle für die Realität der Erscheinung. Dieselbe auf veränderte Spannung im Apparate

zurückzuführen, ist nicht möglich, da einerseits für eine solche kein Grund vorliegt, andererseits die Aenderung sich dann unter Schwingungen vollziehen müsste. Wenn wir daher die unter 2 aufgeführten Fälle ausschliessen, für welche sich vielleicht eine anderweitige Erklärung finden dürfte, so werden wir wohl nicht irre gehen, wenn wir als Grund für die Nullpunktverschiebungen solche geringfügige geologische Vorgänge ansehen, aus denen sich im Laufe der Zeiten die grossen Veränderungen zusammensetzen. Denn so lange nicht sichere Anzeichen vorhanden sind, habe ich Bedenken getragen, die beobachteten Ablenkungen, so auffallend auch besonders die unter 1 und 4 angeführten Fälle sind, für wirkliche Lothstörungen zu halten.

Für die astronomische Beobachtung aber ist aus denselben, ebenso wie aus den überaus häufigen wellenförmigen Störungen in Wilhelmshaven, die Folgerung zu ziehen, dass die Aenderung der hauptsächlichsten Reductionselemente zuweilen nicht mit der vorausgesetzten Stetigkeit sich vollzieht. Ein auffälliges Beispiel ist das auf Taf. V, Fig. 1 reproducirte Curvenstück Juli 26—27.

Bei solchen feineren Beobachtungen daher, in welche Neigungen des Horizonts voll eingehen, dürfte es sich empfehlen, die Angaben des Niveaus durch die Aufzeichnungen eines Horizontalpendels zu controliren. Ist das letztere z. B. an den Fundamenten eines Pfeilers angebracht, so wird es diejenigen Schwankungen aufzeichnen, welche dem ganzen Pfeiler gemeinsam sind, während die Bewegung der Libelle vorzugsweise durch die Temperatureinflüsse in den oberen Theilen des Pfeilers bestimmt sein wird. Legt man nun die zu gewissen Zeiten gemachten Niveauablesungen zu Grunde und interpolirt zwischen denselben unter Berücksichtigung des Curvenzuges am Horizontalpendel, so wird man zuverlässigere Reductionswerthe, als durch die einfache Interpolation erhalten. Es ist möglich, dass es auf diesem Wege gelingen wird, die Uebereinstimmung mancher Beobachtungen entsprechend den jetzigen Ansprüchen an Genauigkeit zu verbessern.

Nachdem wir vorstehend den Störungen von kürzerer Dauer unsere Aufmerksamkeit geschenkt haben, bleibt uns zum Schlusse noch Einiges über die zu Anfang dieses Abschnittes gekennzeichnete seismische Unruhe zu sagen, die sich an vielen Tagen bemerkbar macht. Diese Erscheinung ist ausser in Italien besonders von dem japanischen Erdbebenforscher J. Milne beobachtet



und näher untersucht worden, wobei derselbe zu dem Ergebnisse gelangt ist, dass dieselbe sich in weitaus der Mehrzahl von Fällen durch das Auftreten starker Winde erklären lässt, sei es nun, dass dieselben am Orte der Beobachtung selbst oder in nicht zu weiter Ferne wehen. Im letzteren Falle erfolgt die Fortpflanzung der in der Erdoberfläche erzeugten Erschütterungen auf weite Entfernungen. Die betreffenden Schwingungen charakterisiren sich, wie es ihrer Entstehung entspricht, als transversale in Beziehung auf die Richtung der Lothlinie.

Aus den vorliegenden Beobachtungen ist, obwohl dieselben nicht sehr umfangreich und etwas lückenhaft sind, leicht zu erkennen, dass die oben genannte Schlussfolgerung Milne's auch hier ihre Geltung behält, dass nämlich die Stärke des Windes in einem unzweifelhaften Zusammenhange mit dem in Rede befindlichen Phänomen steht. Zunächst ergiebt die Gegenüberstellung der die Wilhelmshavener und Potsdamer Curven charakterisirenden Bemerkungen, dass das Verhalten derselben einander im Allgemeinen entspricht, d. h. wenn an dem einen Orte Ruhe vorhanden ist, herrschte sie in der Regel auch am anderen. Andererseits haben wir zahlreiche Tage, an denen die Uebereinstimmung eine weniger gute ist. Vergleichen wir nun die Tage, an denen besonders starke Bewegung stattgefunden hat, mit den Angaben über Wind, so erhalten wir besonders für Wilhelmshaven, wo die gemessenen mittleren Windgeschwindigkeiten einen genaueren Anhalt geben, als die blossen Schätzungen in Potsdam, das Resultat, dass bei plötzlichem Anwachsen der Windstärke fast ausnahmslos nach einiger Zeit mikroseismische Bewegung eintritt. Solche Fälle sind z. B. folgende:

März 7—9 herrschte Wind mit  $v = 11^m$ , ebenso März 13—14 mit  $v = 12.5^m$ , während 18—20 nur schwacher Wind ( $v = 4.5^m$ ) wehte.

Für die vier Tage April 14—17 haben wir bezw. die Windgeschwindigkeit  $v = 2.9^m, 10.4^m, 9.3^m, 5.8^m$ . Dieselben erklären vollständig die beträchtliche, April 15 verzeichnete Unruhe. April 28—29 sind ruhige Tage mit  $v = 4.5^m$ , Mai 10—11 sind durch Unruhe charakterisirt, die allerdings nicht der grossen Windgeschwindigkeit  $13.0^m$  entspricht. Mai 12, 13 sind ruhige Tage mit  $v = 4.2^m, 2.9^m$ , Mai 20 ist als sehr ruhig bezeichnet,  $v = 3.9^m$ , Juni 19 herrscht erhebliche Unruhe, trotzdem  $v$  nur  $4.8^m$  beträgt.

Ähnliche Discordanzen finden sich wiederholt. August 19—20 haben wir wiederum zunehmende Unruhe, indem die Windgeschwindigkeit von  $3.8^m$  bis  $12^m$  wächst. Die folgenden, sehr ruhigen Tage haben mässige  $v$  ( $4.4^m$  bis  $7.0^m$ ). Weitere Fälle sind September 16—19 mit den  $v = 3.5^m$ ,  $2.6^m$ ,  $1.3^m$ ,  $8.3^m$  und September 25—26 mit  $v = 13.9^m$ ,  $12.8^m$ , September 30  $v = 2.1^m$ .

Ein ähnliches Verhalten finden wir, wie schon gesagt, bei den Potsdamer Beobachtungen, wo beispielsweise die Tage April 15, Mai 23—24, Juli 18, 29, August 8, 21—22 durch grössere Windstärken (4—5), dagegen die Tage April 4—5, 13, Mai 12, Juni 24—25, Juli 12, August 19, 31 durch Windstille ausgezeichnet sind, während der Grad der mikroseismischen Unruhe den Windstärken ziemlich entspricht. Doch auch hier sind die Ausnahmen häufig und die beiden Phänomene entsprechen einander in ihrer Intensität nicht immer so nahe, wie in den oben bezeichneten Fällen. Es ist sehr leicht möglich, dass in den Ausnahmefällen sich herausstellen würde, dass in grösserer Entfernung Wind geherrscht hat. Eine nähere Untersuchung über diese Fragen habe ich unterlassen, da die oben angeführte Thatsache eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen Windstärke und mikroseismischer Bewegung als feststehend betrachtet werden kann und es eines mehrjährigen Beobachtungsmaterials bedürfte, um dieselbe des Näheren zu begründen.

Auffallend wird es hiernach erscheinen, dass mikroseismische Unruhe in Teneriffa fast gar nicht auftritt, obwohl wir uns daselbst auf dem Abhange eines mächtigen Gebirges befinden, dessen Flanken ungeschützt den heftigen Winden preisgegeben sind. Es ist fast unmöglich, zu glauben, dass hieraus nicht eine Rückwirkung in demselben Sinne resultiren sollte, wie wir sie in dem flachen nördlichen Deutschland finden. Trotzdem finde ich, dass auch an Tagen, an welchen in dem niedrig gelegenen Puerto starker Wind herrschte, keine Spur von seismischer Unruhe vorhanden ist, wenn von den Fällen abgesehen wird, in denen dieselbe in den Vormittagsstunden auftritt. Um diese Zeit pflegt nur schwacher Wind zu wehen, während derselbe Nachmittags nicht selten zu grösserer Intensität anwächst.

Auch der Anprall der Brandung gegen die nahe Felsenküste, welcher bei der Heftigkeit derselben in seiner Wirkung einem starken Winde nicht nachstehen dürfte, ruft keine seismische Unruhe hervor. Verschiedene, durch

starke Brandung ausgezeichnete Tage sind in der Uebersicht ausdrücklich als „sehr ruhig“ bezeichnet. Wenn daher nicht die Verschiedenheit der Bodenbeschaffenheit von Orotava und den beiden norddeutschen Beobachtungsstationen die Ursache ist, dass die Winde in beiden Fällen einen so ungleichen Einfluss auf den Zustand der Erdoberfläche ausüben, so wird vielleicht die Annahme zur Erklärung dienen können, dass die erzeugten Wellenbewegungen sich vornehmlich vertical zur Richtung des Gebirgskammes, bez. der Küste fortpflanzen. In diesem Falle nämlich würden dieselben auf das Pendel keinen Einfluss ausüben, da die betreffenden Richtungen in Orotava mit der Richtung Ost-West nahe übereinstimmen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Auf Tafel V ist in Fig. 8 ein Abschnitt einer Curve reproducirt, welche während des Druckes der vorliegenden Arbeit am 19. October 1892 in Strassburg mittelst des daselbst im I. Vertical functionirenden Horizontalpendels erhalten wurde. Die Erscheinung von regelmässigen Wellensystemen, wie sie auf Seite 176 fig. besprochen worden ist, gelangt daselbst in viel grösserem Umfange und in überraschender Deutlichkeit zum Ausdruck. Die Oscillationen beginnen kurz vor 2<sup>h</sup> und lassen sich fast ohne Unterbrechung über einen Zeitraum von 15 Stunden verfolgen. Auch später und an manchen folgenden Tagen ist dieselbe Erscheinung zeitweise zu bemerken, aber da zu ihrer deutlichen Darstellung in der Curve die äusserste Schärfe des Lichtpunktes erforderlich ist, eine Bedingung, welche nicht immer gleichmässig erfüllt ist, so erscheinen diese feinen Einzelheiten meist verwaschen. Verschiedene Anzeichen aber lassen vermuthen, dass solche Wellensysteme nicht gerade selten sind, wenn sie auch nur in wenigen Fällen andauernd und mit so ausgeprägter Regelmässigkeit auftreten dürften wie in obigem Falle. Die Form der Wellen, deren ganze Amplitude 0.8 mm = 0.0425 beträgt, beweist, dass der Uebergang aus der südlichen in die nördliche Lage sehr rasch erfolgt, während der zweite Theil der Oscillation fast die ganze Dauer derselben einnimmt. Die Dauer der Schwingungen ist veränderlich, wie man aus folgendem Täfelchen entnehmen kann, wo neben den mittelst der Lupe und Skala vorgenommenen Zeitablesungen die mittlere Zeitdauer angegeben ist.

Nummer der Oscillation	Ables.	<i>T</i>	Nummer der Oscillation	Ables.	<i>T</i>	Nummer der Oscillation	Ables.	<i>T</i>	Nummer der Oscillation	Ables.	<i>T</i>
0	<sup>h</sup> 1.84	<sup>m</sup>	44	<sup>h</sup> 4.19	<sup>m</sup>	94	<sup>h</sup> 6.80	<sup>m</sup>	144	<sup>h</sup> 9.42	<sup>m</sup>
10	2.40	3.36	54	4.71	3.12	104	7.32	3.12	154	9.91	2.94
20	2.94	3.24	64	5.21	3.00	114	7.86	3.24	164	10.40	2.94
30	3.50	3.36	74	5.77	3.36	124	8.38	3.12	174	10.82	2.52
40	3.98	3.18	84	6.29	3.12	134	8.90	3.12	184	11.28	2.76
44	4.19	3.12	94	6.80	3.06	144	9.42	3.12	193	11.71	2.88

October 20 sind Wellen von ähnlicher Dauer zu bemerken, nämlich zwischen <sup>h</sup>3.38 und <sup>h</sup>4.13 <sup>m</sup>15 Oscillationen zu je <sup>m</sup>3.00 und zwischen <sup>h</sup>7.51 und <sup>h</sup>8.24 weitere 15 Oscillationen zu je <sup>h</sup>2.94. Die Höhe dieser Erdwellen — denn nur solche können die Ursache der Oscillationen des Pendels sein — findet man in derselben Weise wie oben 17.7 mm (Berg—Thal).

## VIII. Litteratur.

Dieser Abschnitt enthält eine Zusammenstellung von Abhandlungen und Berichten, welche zu den in der vorliegenden Arbeit berührten Fragen in Beziehung stehen.<sup>1)</sup> Die Quellenangaben sind zum Theil dem bekannten Werke von Houzeau entnommen. Soweit mir die Quellen zugänglich waren, ist der Inhalt derselben im Folgenden auszugsweise mitgetheilt worden.

### A. Beobachtungen über Erd- und Pfeilerbewegungen an astronomischen Instrumenten.

- 1) S. J. de Silvabelle: Observations de quelques variations singulières dans l'instrument des passages. (Berlin, Mémoires de l'Acad. d. Sc. etc. 1782, 29 a.)

— Eine bemerkte Veränderung der scheinbaren Lage der irdischen Gegenstände [in Marseille]. (Berl. Astr. Jahrb. 1785, 219.)

S. fand, dass die in der Ebene des Meridians liegenden irdischen Gegenstände Vormittags weiter nach Osten, Nachmittags weiter nach Westen zeigen. „Es hat das Ansehen, als wenn die Strahlen der Sonne die Ursache davon sind, denn diese Veränderung der Lage der irdischen Objecte wird unmerklicher, ja sie hört fast ganz auf, wenn die Witterung trübe ist. Ich habe seit 2 Jahren diese Erscheinung täglich bemerkt, es ist aber dazu ein sehr vollkommenes Fernrohr erforderlich. Unterdessen trägt diese scheinbare Ortsveränderung von Vormittag bis Nachmittag oftmals über 2 in Zeit oder über  $1\frac{1}{2}'$  in Bogen aus.“ (Aus zwei Schreiben an Bernoulli.)

---

<sup>1)</sup> Die zahlreichen in das Gebiet der Seismologie gehörenden Schriften haben hierbei im Allgemeinen keine Berücksichtigung gefunden.

2) Di Cesaris: Sul movimento oscillatorio e periodico delle fabbriche. (Effe-  
meridi astronomiche di Milano 1813, 105; 1816, 13.)

Untersuchung der Oscillationen der astronomischen Instrumente auf der Sternwarte di Brera und Mittheilung von Beobachtungen des Conte Senatore Moscati auf seinem Thurme für astronomische und meteorologische Beobachtungen.

Die Beobachtungen des Bleiloches an dem sehr stabilen Mauerquadranten ergaben Veränderungen von einer täglichen Periode, die besonders gross waren bei Witterungsumschlägen.

Das Passageninstrument ergab zuerst bestimmte Resultate durch Beobachtung einer drei Meilen entfernten Mire, nämlich eine Bewegung des Azimuths von 5" bis 6" an klaren Wintertagen, von 30" an klaren, heissen Sommertagen. An Tagen von sehr constanter Temperatur ist die Bewegung sehr gering, dagegen sehr gross an Tagen mit sehr veränderlicher Temperatur. Curven, die durch Nachtbeobachtungen der Mire und Sternbeobachtungen verificirt sind, ergaben: 1) eine deutliche jährliche Periode, Minimum 1. December, Maximum 1. Juli; 2) eine deutliche tägliche Curve, Maximum gegen Mittag.

Fortsetzung der Beobachtungen am Niveau des Reichenbach'schen Repe-  
titionskreises. Die Ablesungen stimmten immer mit denen am Niveau des tiefer  
gelegenen Quadranten überein. Die Resultate dieser Beobachtungen sind:

- 1) Ausser der azimuthalen Bewegung ist eine tägliche Oscillation der Nei-  
gung zu erkennen;
- 2) sie ist abhängig von der Sonnenstrahlung auf das Gebäude;
- 3) bei beständig wolbigem Wetter hört sie auf und kehrt wieder bei  
heiterem Wetter;
- 4) die Neigung ist nach Norden gerichtet; sie beginnt Morgens, wird  
Mittags stationär, kehrt bis gegen Abend zurück und bleibt Nachts  
stationär;
- 5) die Oscillation (der Blase) wächst gegen Norden bei trübem, reg-  
nerischem, gegen Süden bei heiterem Wetter;
- 6) die mittlere Amplitude ist 2";
- 7) die Variationen von Tag zu Tag sind im Allgemeinen klein und regel-  
mässig, sie werden gross und unregelmässig bei stürmischem Wetter;
- 8) die Abweichungen des Quadranten, die aus den Niveaubeobachtungen  
folgen, sind bestätigt durch die astronomischen Beobachtungen;
- 9) die Libelle am Passageninstrument deutet ähnliche Oscillationen in der  
Richtung Ost-West an;
- 10) es ist möglich, dass der Stand des Grundwassers von Einfluss ist;

- 11) diese Bewegungen könnten in Zusammenhang stehen mit den im vorigen Jahrhundert beobachteten Pendelbewegungen (Calignon de Peirins, Gassendi u. A.).

Es folgen Beobachtungen 1814 November 20 bis 1815 Juli 31. (Mittags eine Ablesung), und 1815 März 1 bis Juli 29 (Morgens und Abends eine Ablesung).

- 3) Bessel: Bemerkung über Veränderlichkeit der Passagen-Instrumente. (Berl. Astr. Jahrb. 1818, 233; Abhandl. II., 19.)

Bessel bespricht die Parallaxe des Polarsternes und findet dieselbe unmerklich, während Piazzini einen grossen Werth fand. B. erklärt dies folgendermaassen. Piazzini und die Mailänder Astronomen fanden, dass das Meridianzeichen in den unverrückten Fernröhren täglich eine regelmässige Curve beschreibt und dass der Grund hiervon in der Erwärmung und Abkühlung der Mauern liegt. „Die Abhandlung, die diese merkwürdigen Resultate enthält, habe ich zwar selbst nicht gesehen und kenne daher die Curven nicht näher“, wenn allein das Mittagsfernrohr in der Gegend des Poles um 6<sup>h</sup> Abends in der grössten östlichen und 6<sup>h</sup> Morgens in der grössten westlichen Digression von der mittleren Position wäre (übereinstimmend mit Silvabelle), so würden sich die von Piazzini beobachteten Abweichungen erklären.

- 4) Bianchi: Sopra i piccoli moti apparenti osservati nel muri e nelle macchine della specola di Modena. (Modena, Memorie di matematica e di fisica della Società Italiana delle scienze residente a Modena XXI, 1837, 246.)

- 5) Bernardi: Interno agli intimi movimenti osservati nei muri dell' osservatorio di Modena. (Crelle's Journal XXX, 1846, 341.)

Der Einfluss der Wärme auf die Mauern astronomischer Observatorien ist erwiesen durch

- 1) die Beobachtungen von Cesaris in Mailand;
- 2) die Beobachtungen von Moscati auf dem Thurme di St. Alessandro (Mem. della Soc. Ital.);
- 3) Broschi in Neapel.

Die Beobachtungen in Modena geschahen an drei Libellen in 38 m Höhe über dem Erdboden; Nr. I befand sich am Passageninstrument, II und III am Meridiankreise, und zwar II in der Richtung NS. an der Alhidade, III an der Wand, OW. gerichtet. Eine beständige (jährliche?) Bewegung NS. oder SN. zeigen die Niveaus I und II, während III meist in Ruhe ist. Dagegen zeigen alle drei periodische Oscillationen.

- 6) **Piazz Smyth**: On the properties of rock as a foundation for the piers of meridian instruments with an account of the detection of a hitherto unsuspected cause of error in the Edinburgh transit. (Monthly Notices VII, 1847, 295, und Sidereal Messenger II, 1848, 15.)

Die Vortheile felsigen Untergrundes gegenüber solchem von geringerer Festigkeit werden hervorgehoben. Der Nachtheil desselben besteht darin, dass Erschütterungen leichter übertragen werden. Diese aber sind für Meridianbeobachtungen weniger von Belang, so lange nicht Veränderungen in den Fundamenten dadurch eintreten. Bedenklich sind die Einflüsse der uncontrolirbaren Feuchtigkeit des Bodens. Die Sternwarte in Edinburgh steht auf einem Porphyrfelsen. 300' entfernt und 100' tiefer liegt eine der Hauptstrassen und 500' entfernt und 300' tiefer führt die Eisenbahn vorbei. Trotzdem zeigen die Beobachtungen keinerlei Störungen. Henderson fand eine so regelmässige jährliche Periode der Neigung von 0.2 bis 0.3, dass er aus der Angabe des Thermometers die muthmaassliche Neigung ohne Weiteres ableiten konnte. Aber auch die Azimuthe zeigten eigenthümliche Veränderungen von 0.3 im Tage und 1 im Jahre. Die Curven zeigen keine Uebereinstimmung mit denen der in Edinburgh gemessenen Erdtemperaturen. P. S. vermuthet deshalb, dass eine mangelhafte Construction der Lager die Ursache der Aenderungen sei.

- 7) — On changes in the position of a transit instrument attributed to the temperature of the earth. (British Association Report, 1847, II, 37.)

Mallet hat der Geological Society of Dublin (Journal Nr. 2, pag. 184, 1846) mitgetheilt, dass Sir W. Hamilton gewisse Niveauveränderungen an seinem Transit bemerkte, und Dr. Robinson (Phil. Mag., Aug. 1826) hat für das Armagh Observatory ebenso Niveau- und Azimuthvariationen gefunden, die offenbar von der Erdtemperatur abhängen. P. S. hat in Edinburgh Beobachtungen angestellt und mit den Angaben des Erdthermometers verglichen. Obwohl er in Azimuth und Neigung eine deutliche jährliche Periode findet (das Westende der Axe steigt und weicht nach Norden ab im Sommer), so glaubt er doch, dass hieran nur die mangelhafte Construction der Axencorrection und der Einfluss der äusseren Temperatur auf letztere schuld seien.

- 8) **Mauvais**: Note sur une périodicité annuelle observée dans les collimations du cercle mural de Fortin à l'Observatoire. (C. R. XXXV, 1852, 77; Astr. Nachr. XXXV, 1853, 57.)

Die „Collimation au pôle“ zeigt eine jährliche Periode (Maximum Mitte des Winters, Minimum etwas später, als das Sommersolstiz). Vermuthlich liegen veränderliche Ursachen von langer Periode, wie die Temperatur, zu Grunde.

- 9) Robinson: On the effects produced by the vicinity of the railroad on the Observatory at Armagh. (Dublin, Proceedings of the Irish Academy V, 1853, 287.)
- 10) Liouville: Note sur la variation annuelle de l'inclinaison de l'axe de rotation de la lunette méridienne de Gambey. (Journ. de Math. XIX, 1854, 409; C. R. XI, 1855, 254.)
- 11) Moesta: Sur les variations d'azimuth de l'instrument méridien de Santiago et sa cause probable dans les mouvements du rocher frappé par le soleil. (Astron. Journ. IV, 1856, 134.)

Bei der Reduction von AR.-Beobachtungen von  $\beta$  Hydri (1854 Jan. 16 bis 1854 Juni 6) ergeben sich systematische Differenzen zwischen Sommer- und Winterbeobachtungen (Minimum im Februar, Maximum im Juni). Dies ist nur zu erklären, indem man annimmt, dass das Azimuth, welches aus diesem Stern folgte, immer Nachts mehr östlich (?) war, als am Tage. Diese Differenz steigt am Tage bis auf 6". Im Februar ist nun der Unterschied der zu zwei aufeinanderfolgenden Culminationen (2<sup>h</sup> bis 3<sup>h</sup> Mittags und Nachts) gehörenden Temperaturen am grössten. Bei der Lage der Sternwarte auf einem 60 m hohen Porphyrhügel dürfte der Einfluss der Sonnenstrahlen genügen, um eine tägliche Oscillation von dieser Grösse zu verursachen.

- 12) Gilliss: Confirmation des vues de Moesta sur la cause des variations d'azimuth de l'instrument méridien de Santiago. (Astr. Journ. IV, 1856, 136).

G. hat durch Bestimmung der Instrumentalfehler vor und nach den Zonenbeobachtungen (4<sup>1/2</sup><sup>h</sup> bis 6<sup>h</sup> Intervall) ebenfalls Azimuthaländerungen gefunden, und zwar im Mittel:

- 0.020 im Juni bis August (Wintermonate),
- 0.047 „ September bis October,
- 0.078 „ November bis März (Sommermonate),
- 0.062 „ April, Mai.

Diese Zahlen entsprechen der Deutung Moesta's.



Ferner bemerkte G. eine permanente Hebung des Ostpfeilers um  $1' 34''$  in  $2\frac{1}{2}$  Jahren. Die Bewegung beträgt ziemlich gleichmässig  $5\frac{1}{2}''$  pro Monat im Frühling, Sommer und Herbst, ist dagegen im Winter ziemlich stationär. Der Hügel von Santa Lucia scheint sich nach Westen zu neigen. (Vol. I des Berichts der U. S. Astronomical Expedition to the Southern Hemisphere enthält ähnliche Angaben.)

- 13) Bond: Disturbance of the horizontality of the axis of the great equatorial at Cambridge. (Boston, Proc. of the Amer. Acad. of arts and sciences VII, 1857, 194.)
- 14) Hirsch: Sur des mouvements observés dans les piliers de la lunette méridienne de Greenwich. (Neuchâtel, Bull. de la Soc. des sc. nat. VIII, 1870, 171.)
- 15) Weiss: Ueber sprungweise Aenderungen in einzelnen Reductionselementen eines Instruments. (Wien, Sitzungsberichte der kais. Acad. d. W. LXIV, 1871, 77.)

Es werden von Bessel, Struve, Kaiser und Weiss beobachtete Fälle angeführt, in denen gewisse Reductionselemente, die wenig veränderlich zu sein pflegen (Collimationsfehler u. s. w.), in kurzer Zeit sehr rasche Veränderungen erleiden. W. schliesst, dass die in Betracht kommenden Theile der Instrumente zwei Ruhelagen besitzen und dass der Uebergang aus der einen in die andere stattfindet.

- 16) Fergola: Sopra talune oscillazioni diurne degli instrumenti astronomici e sopra una probabile causa della loro apparenza. (Neapel, Rendiconti etc. dell' Acad. delle science X, 1871, 166.)
- 17) Rockwood: The daily motion of a bricktower caused by solar heat. (American Journ. of science and art II, 1871, 177.)
- 18) Plummer: On the supposed influence of a mass of brickwork upon the errors of a transit instrument in its neighbourhood. (Monthl. Not. XXXVIII, 1878, 368.)

P. theilt eine Reihe von Azimuthen und Neigungen seines 50' über dem Boden aufgestellten Transit-Instrumentes (1875—1876) mit, welche eine stark ausgesprochene Periode zeigen, deren Maximum und Minimum nahe mit denen der Temperaturperiode zusammenfallen. 14' östlich vom Instrument befinden sich das massive Fundament und der Pfeiler eines Refractors. P. schliesst, dass die Wärmestrahlung des letzteren einen Einfluss auf das Transit ausübt.

- 19) Pinnington: Motions in the levels of transit instruments. (The english mechanic and mirror of Science and art XXVII, 1878, 118.)
- 20) Mouchez: Recherches sur la stabilité du sol et de la verticale de l'Observatoire de Paris. (C. R. 1878, II, 665.)

Man hat die Vermuthung ausgesprochen, dass die Verticallinie Veränderungen erleide. Bisher ist nur eine gewisse Bewegung des Bodens erkannt worden, da diese aber hauptsächlich in verticaler Richtung vor sich zu gehen scheint, so ist sie nur für Geologen und Geodäten von Interesse. Es ist trotzdem nöthig, diesem Gegenstande nachzuspüren, auch wenn, wie anzunehmen, die etwaigen Variationen der Lothlinie nur klein sind.

Bei der Aufstellung des neuen Meridiankreises (Eichens) ist Herr Wolf beauftragt worden, mit einem besonderen Instrumente die Bewegungen des Bodens zu erforschen. Er ist mit der Herstellung eines kleinen, sehr empfindlichen Apparates beschäftigt.

1856 ist eine Untersuchung der Neigung am Gambey'schen Fernrohre unternommen worden, welche keine Bewegung des Bodens ergeben hat. Andererseits hat Gaillot die Breitenbestimmungen untersucht (s. u.).

- 21) Gaillot: Sur la direction de la verticale à l'observatoire de Paris. (C. R. 1878, II, 684.)

Beobachtungen am Cercle de Gambey 1856—1861 (10 Beobachter, 1077 Beobachtungen):

- 1) Eine fortschreitende Bewegung ist nicht zu erkennen.
- 2) Eine jährliche periodische Veränderung ergibt sich mit ziemlicher Sicherheit.

$$\delta\lambda = + 0.20 \sin \left( \frac{360}{365.25} (t - 95^t) \right) \left[ t = 0 \text{ für } 1. \text{ Jan.} \right].$$

Es wird angenommen, dass diese Periode sich durch Aenderungen der Constanten der Refraction und Biegung in Folge der Temperatur erklärt.

- 3) In Beziehung auf eine tägliche Periode ergibt die Vergleichung von Tag- und Nachtbeobachtungen ein negatives Resultat.
- 4) Die stärksten Abweichungen vom Mittel  $- 3.17$  und  $+ 2.48$  werden als zufällige durch die Unsicherheit der Nadirbeobachtungen bedingte Fehler hingestellt. Im Ganzen wird geschlossen, dass die Verticale weder Veränderungen fortschreitender, noch periodischer, noch auch zufälliger Natur unterworfen ist.

- 22) Foerster: Ueber die Bewegungen der die Hauptinstrumente der Berliner Sternwarte tragenden Grundpfeiler und eine bei diesen Bewegungen hervortretende nahezu elfjährige Periode. I. (Astr. Nachr. 2545.)

Die Bewegungen der Hauptpfeiler werden aufgefasst als drehende Bewegungen um drei Axen, die bez. vertical, NS. und OW. gerichtet sind. 40 000 seit 42 Jahren angestellte Beobachtungen haben ergeben, dass fortschreitende Drehungen nur in äusserst geringem Maasse nachzuweisen sind. Auch besteht wahrscheinlich kein Zusammenhang mit den Hebungen und Senkungen des Bodens etwa in Folge von Aenderungen des Grundwasserstandes.

Der westliche Hauptpfeiler (30 qm Fläche, 8 m Höhe) bietet das meiste Material und ergiebt folgende Resultate:

- 1) Die von 1839—1881 beobachteten Drehungsbewegungen lassen weder fortschreitende noch periodische Abhängigkeit vom Grundwasserstande erkennen.
- 2) Die als besondere Bewegung des Grundpfeilers zu trennenden Drehungsbewegungen lassen eine jährliche und eine elfjährige Periode erkennen, deren Wendepunkte denen der jährlichen Temperaturperiode und der Sonnenfleckenhäufigkeit mit einer gewissen Verschiebung entsprechen.
- 3) Auch die jährliche Bewegung ist grösser zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima, daher um diese Zeit wahrscheinlich gesteigerte Strahlung.
- 4) Die Ursachen der Bewegung sind hiernach wahrscheinlich ausschliesslich Temperaturverschiedenheiten im Innern des Pfeilers. Die Amplituden der elfjährigen Periode erreichen 14".

- 23) Henry: On the annual variation of the level and azimuthal errors of the Greenwich and Cambridge Transit Instruments. (Monthly Notices Vol. VIII, 134.)

1) In den „level errors“ der beiden Meridianinstrumente in Greenwich und Cambridge findet H. eine jährliche Periode. Der Westpfeiler befindet sich (relativ zum Ostpfeiler) höher im Frühjahr und niedriger im Herbst. Maximum und Minimum liegen im März und September. Da die Greenwicher und wahrscheinlich auch die Cambridger Lagercorrectionen seit 11 Jahren nicht berührt wurden, so geben die beiden Reihen für Greenwich 1836—1845 und für Cambridge 1833—1842 ein sehr gutes Bild dieser Bewegung, deren Amplitude beziehentlich 2.55 und 2.48 beträgt. In den Niveaus dürfte die Ursache nicht liegen.

2) Die Azimuthalfehler ergeben ebenfalls eine Jahresperiode, der zufolge das Westende (relativ zum Ostende) der Axe im Frühjahr weiter nach Süden zeigte, als im Herbst. Dies folgt aus den Beobachtungen Greenwich 1841—1845 und

Cambridge 1836—1842, die Amplituden der Bewegung sind 1.80 und 2.21. Das Zeichen der Bewegung ist in allen Jahren das gleiche.

„Aus Vorstehendem geht ziemlich sicher hervor, dass das westliche Lager der Meridianinstrumente in Greenwich und Cambridge zur Zeit des Frühjahrsäquinoctiums um etwa 2.5" höher ist, als zur Zeit des Herbstäquinoctiums, und ferner, dass dasselbe um die erstere Epoche um etwa 2" mehr nach Süden gerichtet ist, als um die letztere.“

- 24) Ellis: On the Periodical variations of level and azimuth of the transit circle of the Royal Observatory, Greenwich. (Mem. of the Royal Astr. Society 1859, 29, 45.)

Es ist bekannt, dass die Orientirung astronomischer Instrumente kleinen, zum Theil unregelmässigen Fluctuationen unterworfen ist, in denen zwar von der Temperatur der Fundamente abhängige periodische Variationen zu bemerken sind, indessen doch der unregelmässige Charakter überwiegt und gerade bei besonders fest construirten Instrumenten, wie dem Meridiankreise von Greenwich, hervortritt.

Untersuchung der Bewegung des Kreises von 1851—1858.

- 1) Level error. Dieser wird durch Reflexion am Quecksilberhorizont jeden Abend bestimmt. Angegeben sind die Monatsmittel und die entsprechenden Temperaturen für die 8 Jahre. Im Mittel aus diesen achtjährigen Beobachtungen, welche eine stark fortschreitende Bewegung erkennen lassen, ergiebt sich eine jährliche, mit der Temperaturcurve gut übereinstimmende Curve, deren Maxima und Minima gegen diejenigen der Temperatur verfrüht erscheinen. Der Ostpfeiler scheint mit steigender Temperatur sich relativ gegen den Westpfeiler zu heben. Die fortschreitende Bewegung besteht in einem relativen Sinken des Ostpfeilers im Betrage von 6.85 in 7 Jahren, so dass der jährliche Betrag nahe 1" ist. Von Tag zu Tag sind Veränderungen vorhanden, die den stärkeren Temperaturschwankungen der Atmosphäre sich anschliessen. Es scheint, dass eine Aenderung von 10° F. in der mittleren Tagestemperatur, wenn dieselbe < 50° ca. 1.00, wenn sie > 50° ca. 1.50 Steigen des Ostpfeilers zur Folge hat. Ist  $L_1$  der mittlere Werth des Fehlers für eine Epoche und  $n$  die Zahl der seitdem verflossenen Jahre, so ist

$$L = L_1 + 1.00 n - 0.10 t \text{ für November bis April,}$$

$$L = L_1 + 1.00 n - 0.15 t \text{ für Mai bis October.}$$

Diese Formeln geben sehr gute Uebereinstimmung. Aus den Angaben der Erdthermometer ergeben sich folgende Epochen der Maxima und Minima.

Tiefe	3'	6'	12'	24'
Minimum	folgen kurz auf Minimum und Maximum		Ende März	Ende Mai
Maximum	der Lufttemperatur.		Anf. April	Anf. Juni
			Ende Sept.	Ende Nov.

- 2) Die Azimuthalfehler des Meridiankreises und des Nordcollimators zeigen eine jährliche Periode, die sich der Temperaturcurve gut anschliesst und bei der die Amplitude am Meridiankreise ungefähr doppelt so gross ist, wie diejenige am Collimator. Dagegen ist bei den kleineren Variationen des Azimuths keine solche Uebereinstimmung, wie beim Niveaufehler vorhanden.

„Allgemein scheint bei der Betrachtung der Ergebnisse die Temperatur die grosse störende Ursache zu sein, welche mehr oder weniger mit allen periodischen Veränderungen zusammenzuhängen scheint.“

Die Untersuchung von Henry über den Throughton'schen Kreis liefert nahezu entgegengesetzte Resultate. Da die Azimuthbewegung hier am Meridiankreise und Collimator übereinstimmt, so möchte man eine Bewegung des Bodens vermuthen, wenn nicht der benachbarte Kreis ein so anderes Verhalten zeigte.

- 25) Russel: Local Variations and vibrations of the Earths surface. (Roy. Soc. of N. S. W. 1885, Juli 1.)

Die Beobachtungen am alten unvollkommenen Meridiankreis in Sydney hatten auf die Vermuthung der Existenz einer jährlichen Periode übereinstimmend mit Greenwich und Cambridge geführt. Dieselbe wurde auf die Lage des Observatoriums auf dem Gipfel eines nach N. und W. steil abfallenden Sandsteinhügels zurückgeführt, dessen N.- und W.-Seite lange unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung stehen. Das neue Instrument ruht auf einem mächtigen Pfeiler, der unmittelbar auf dem Sandstein aufliegt. In der Neigung der Axe ist eine deutliche jährliche Periode mit einer sehr regelmässigen Amplitude von ca. 10" vorhanden, und zwar erreicht der Ostpfeiler im Juni seine grösste Höhe. Durch Vereinigung des Maximums und Minimums eines jeden Jahres zu einem Mittel werden folgende Neigungen gefunden:

1877	10.5	1880	14.5	1883	13.5
1878	10.3	1881	15.0	1884	13.0
1879	13.0	1882	14.0	1885	10.2.

Diese Zahlen bedeuten, dass das W.-Ende der Axe höher war, als das O.-Ende. Ersteres hat sich also von 1877—1881 relativ gehoben und in den folgenden Jahren wieder gesenkt. An der Westseite des Hügels gingen in dieser Zeit Erdarbeiten vor sich; es wurden 5000 Tonnen Sandstein abgestochen, die dadurch hervorgerufene Entlastung würde aber im Gegentheile eine Hebung der Schichten verursachen.

Das Azimuth hat sich seit der Aufstellung des Instrumentes fortschreitend verändert. Der Betrag der Drehung war in den zwei ersten Jahren 5", in den vier letzten 3" jährlich, voraussichtlich wird bald wie bei der Neigung eine Umkehr erfolgen. Das Instrument besitzt keine Correctionen für Neigung und Azimuth.

Eine genauere Betrachtung der localen Verhältnisse, sowie die Angaben der Erdthermometer lassen es als sehr unwahrscheinlich erscheinen, dass die hervorgehobenen Veränderungen durch Erwärmung des Pfeilers verursacht werden sollten.

26) Hirsch: Sur les mouvements du sol constatés à l'Observatoire de Neuchâtel. (Bull. d. l. Soc. d. Sc. nat. XIII. Neuchâtel, 1883.)

Schon im Jahre 1868 hat H. die Thatsache festgestellt, dass der Untergrund des Observatoriums in Neuchâtel regelmässigen periodischen und fortschreitenden Veränderungen unterworfen ist. Die neue Untersuchung erstreckt sich über 23 Jahre und beruht auf mehr als 6000 Positionsbestimmungen der Meridiankreisachse. Die azimuthale Bewegung der Achse besteht in einer Drehung von links nach rechts (OSW) während der Sommermonate (März—August), von rechts nach links während der Wintermonate. Die ganze Amplitude dieser jährlichen Bewegung beträgt 78" und erweist sich als sehr constant. Eine in ca. 100 m Entfernung befindliche Mire nimmt in der Hauptsache an der azimuthalen Bewegung Theil. Die Neigungsänderung ist fortschreitender Art und ergibt eine Senkung des Westendes relativ zum Ostende im Betrage von durchschnittlich 24" jährlich, welche sich im Laufe von 23 Jahren bis auf 9' 10" summirt hat. Die periodische Bewegung erklärt sich wahrscheinlich durch den Einfluss der Temperatur. In der fortschreitenden Bewegung glaubte H. deutlich den Einfluss der Sonnenfleckenperiode zu erkennen, eine Schlussfolgerung, welche, wenn sie sich allein auf die der Abhandlung beigegebenen Curven gründet, kaum gerechtfertigt erscheint.

**B. Beobachtungen etc., welche die Störungen der Verticallinie und der Intensität der Schwere betreffen.**

27) Montigny: Oscillations elliptiques du pendule en repos. (Cosmos 1855, 13.)

In einem Briefe an den Abbé Moigno wollte M. eigentlich einen Apparat beschreiben, an dem man die kleinen elliptischen Schwingungen eines ruhenden Pendels während 24<sup>h</sup> beobachten könne. Diese Schwingungen seien indessen bereits von Panisetti beobachtet. Der Apparat bestehe aus einem 1 m langen Pendel, das in einem Schachte aufgestellt werde. Der entfernt stehende Beobachter gewahre die Ablenkungen in einer Grösse, als ob dieselben von einem Pendel von der doppelten Länge seiner Entfernung vom benutzten herrührten. Die Ursachen dieser Bewegungen seien die störende Anziehung von Sonne und Mond, die veränderliche partielle Centrifugalkraft der fortschreitenden Bewegung der Erde (!) und vielleicht eine Ebbe und Fluth des glühend-flüssigen Erdinnern. d'Abbadie's Beobachtungen seien wohl ähnlich zu erklären. (Fortschr. d. Physik XII, 1856.)

- 28) Panisetti: Expériences sur les oscillations du pendule immobile. (Cosmos 1855, 701; und 1856, 503.)

P. hat Pendel von 1 m, 4 m, 9 m, 16 m Länge benutzt, welche in 5<sup>m</sup> 297, 148, 103, 75 Schwingungen von  $\frac{1}{200}$ ,  $\frac{2}{200}$ ,  $\frac{6}{200}$ ,  $\frac{1}{2} \frac{1}{200}$  mm Amplitude ausführten. Dies Factum sei unzählige Male unter den verschiedensten Umständen beobachtet worden. Es scheinen einfach Erschütterungen und gesetzmässige Schwingungen vorzuliegen. (Fortschr. d. Physik 1856, 116.)

- 29) Porro: Oscillations diurnes du pendule. (Cosmos 1855, 578.)

Vorschlag zur Beobachtung derselben durch ein Pendel.

- 30) de Bruno: Oscillations elliptiques du pendule immobile. (Cosmos 1855, 701.)

- 31) Arthur: (Cosmos 1857, 638—639.)

A. kommt noch einmal auf die Beobachtungen Panisetti's zurück.

- 32) d'Abbadie: Sur les mouvements du sol. (Comptes rendues, 34, 1852, 712.)

- 33) — Sur les mouvements du sol. (Cosmos 1855, 700.)

- 34) — Sur les variations dans l'intensité de la gravité terrestre. (C. R. 52, 1861, 911.)

Notiz über Schwingungen metallischer Lamellen.

- 35) — Direction de la pesanteur. (C. R. 61, 1865, 838.)

Beobachtungen an Quecksilberhorizonten in verschiedenen Tiefen, die aber resultatlos verliefen.

- 36) — Etudes sur la verticale. (Bulletin de l'Association scientifique de France, XIII, 1874, 162.)

- 37) — Sur les variations de la verticale. (C. R. 89, 1879, 1016.)

d'A. hat bei seinen Beobachtungen an Niveaus und mittelst der Nadirane (s. u.) nie so starke Veränderungen gefunden wie Plantamour. Vorschlag zur Anwendung automatischer Registrirung, wie sie Bouquet de la Grye anwandte, der damit zeigte, dass auch auf der südlichen Hemisphäre ähnliche Variationen der Vertikale stattfinden.

- 38) — Recherches sur la verticale. (Annales de la Soc. scient. de Bruxelles, V, 1881.)

Diese Arbeit enthält einen Ueberblick der Studien d'A.'s. auf diesem Gebiete. Die Beobachtungen begannen mittelst Wasserlibellen 1837 in Olinda in Südamerika, wurden später in Gondar und Saqua in Aethiopien und nach 1850 in Frankreich mit Hilfe Repsold'scher Niveaus fortgesetzt. Die Erfahrungen, die bei diesen Beobachtungen gemacht wurden, dienten dazu, das Vertrauen in die Angaben der Niveaus zu erschüttern, da häufig benachbarte, auf demselben Funda-

mente befestigte Niveaus entgegengesetzte Bewegungen anzeigten. Aus diesem Grunde stellte d'A. im Jahre 1852 auf seiner Besitzung Abbadia bei Hendaye (Dép. Basses-Pyrénées) den unter dem Namen „Nadirane“ bekannt gewordenen Apparat her. In einer Seehöhe von 72 m und 400 m von der Küste entfernt wurde ein 10 m tiefer, senkrechter Schacht in den Fels getrieben. Da derselbe sich aber bald mit Wasser füllte, so wurde in der Nähe ein 8 m hoher, kegelförmiger Steinbau errichtet, dessen Axe einen senkrechten Schacht enthält. Derselbe ist über 2 m in den Boden hinein verlängert und die Umgegend drainirt. Am Boden des Schachtes befindet sich ein Quecksilberhorizont, darüber eine achromatische Linse von 10 m Brennweite, und in der Öffnung des Conus am Gipfel desselben ein Fadenkreuz, welches zugleich mit seinem reflectirten Bilde durch ein Mikroskop beobachtet wird. Der Schätzung nach betrug der Fehler der Ablesungen bei dieser Einrichtung höchstens 0.2. 5 Jahre wurde gewartet, ehe die Beobachtungen ihren Anfang nahmen. Dieselben ergaben, dass die Verticallinie in einem Jahre bis zu 4.5 Aenderungen ihrer Richtung erfährt. Nachdem die Beobachtungen bis 1872 fortgesetzt waren, wurden einige Aenderungen vorgenommen, der Conus um 2 m erhöht und dementsprechend Linse und Mikrometer durch andere ersetzt. Vor allem wurde für bessere Bedachung gesorgt, sowie dafür, dass alle erforderlichen Operationen, vor Allem das Einlassen des Quecksilbers, von oben her durch den Beobachter geschehen konnten. Vier Jahre nach Beendigung dieser Arbeiten wurden 1879 die Beobachtungen von Neuem aufgenommen. Es wurden beobachtet die Abstände der Fäden und ihrer Bilder im Sinne des Meridians, des I. Verticals und des zwischenliegenden Azimuths Nord-West zu Süd-Ost, Luftdruck und Temperatur, Wind, der Zustand des Bildes und der des Himmels und der Brandung. Der Zustand des Bildes ist sehr wechselnd, zeitweise klar, zuweilen fast verschwindend. Häufig wurde ein eigenthümliches Zittern desselben, verbunden mit Sprüngen von 0.65 beobachtet.

Die Beobachtungen im Azimuth NW. zu SO. wurden zu einer Untersuchung über die Anziehung der Fluthwelle im Biscaischen Meerbusen verwendet. Von 359 zu je einem Gezeitenwechsel gehörigen Beobachtungen waren 243 der Theorie entsprechend und ergaben eine mittlere Ablenkung der Lothrichtung um 0.09 gegen NW. Von den 116 übrigen Beobachtungen ergaben 57 statt der Anziehung eine Abstossung. Spätere Beobachtungen aus 1880 lieferten ein ähnliches Resultat, so dass man die Existenz anderer störender Kräfte annehmen muss, welche der Anziehung der Fluth entgegenwirken.

d'A. ist der Ansicht, dass die Temperatur nicht die Ursache dieser Bewegungen sein kann, denn es gehen Aenderungen bis zu 2.4 im Zeitraume von 6<sup>h</sup> vor sich, die denen der Temperatur gar nicht entsprechen. Weiter werden die Ansichten verworfen, dass es sich nur um Vorgänge im Apparat handle, und dass



die Ursache der Erscheinungen in den Bewegungen der Erdkruste liege. Letzteres sei unwahrscheinlich, da die Verticale stets zur gleichen Mittellage zurückkehre.

Es folgen tägliche Beobachtungen vom 8. September 1879 bis 7. September 1880, welche zwischen 6<sup>h</sup> und 9<sup>h</sup> früh angestellt sind. Dieselben zeigen häufig rasche Aenderungen an. Es betrug während dieses Jahres die Maximaländerung der Richtung der Lothlinie im Sinne des Meridians 4.03 und im Sinne des ersten Verticals 2.7.

Dass ähnliche Bewegungen auf der südlichen Halbinsel stattfinden, ergibt sich aus den Beobachtungen Bouquet de la Grye's auf der Insel Campbell im Jahre 1874. Derselbe bediente sich eines schweren Pendels, dessen Spitze einen fein ausbalancirten ungleicharmigen Hebel in Bewegung versetzte, wodurch die Bewegungen der Pendelspitze in stark vergrössertem Maasse auf die untere Spitze des Hebels übertragen wurden. Dicht darunter befand sich ein Blatt Papier auf leitender Unterlage. Indem man nun zu gewissen Zeiten einen elektrischen Strom durch das ganze Pendel leitete, entstanden feine Marken auf dem Papier, die der jedesmaligen Stellung des Pendels entsprachen. (Diese Vorrichtung entspricht fast genau der von Milne in Tokio angewandten.)

- 39) Keller: Sulle piccole variazioni della direzione della gravità prodotto dalle maree nelle località situate presso la spiaggia del mare. (Roma, Atti dell' Academia Pontificia dei Nuovi Lincei XXVI, 1873, 375.)
- 40) Broun: Notice of an instrument intended for the measurement of small variations of gravity. (Edinburgh, Proceedings of the Royal Society IV, 1862, 44.)
- 41) de Bouchepon: Note sur la variation de la pesanteur. (C. R. 45, 1857, 1005.)
- 42) Babinet: Sur la prétendue variation de la pesanteur. (C. R. 46, 1858, 17.)
- 43) Perrot: Appareils destinés à rendre manifestes et mesurables les variations occasionées dans l'intensité et la direction de la pesanteur à la surface de la Terre par les divers mouvements de notre globe et l'attraction des corps célestes. (C. R. 54, 1862, 728, 851.)

Vorschlag zur Construction eines Apparates zur Messung der Variationen der Schwere. Eine lange Spiralfeder trägt an ihrem unteren Ende eine Schale. Beschwert man dieselbe durch ein Gewicht, so sinkt und dreht sich die Schale ein wenig. P. glaubt aus seinen Versuchen schliessen zu dürfen, dass man durch

Beobachtung dieser Drehung unter Anwendung einer sehr langen, feinen Spirale Aenderungen der Intensität der Schwere im Betrage von Einhundert-Millionstel derselben messen könne. Dies ist der zehnte Theil derjenigen Variation, welche die veränderte Stellung des Mondes erzeugt.

Ein zweiter Vorschlag enthält die erste wissenschaftlich ausgesprochene Idee des Horizontalpendels, genau wie sie einige Jahre später von Zöllner angegeben wurde.

- 44) Gaillot: Influence de l'attraction lunaire sur la direction de la verticale et sur l'intensité de la pesanteur. (Bulletin astronomique I, 113.)

Entwicklung der Gleichung derjenigen Curve, welche die Spitze eines Pendels unter dem Einflusse des Mondes beschreibt. Dieselbe ist vierten Grades. Sie bleibt dieselbe für entgegengesetzte Werthe der Declination des Mondes, ebenso für entgegengesetzte geographische Breiten, und für die Declination Null geht sie über in zwei gleiche, übereinander liegende Ellipsen.

Die Aenderung der Intensität der Schwere beträgt, wenn  $z$  die Zenithdistanz des Mondes ist:

$$0.000000056 (1 - 3 \cos^2 z).$$

Ein Gewicht von 1000 kg wird um 0.112 gr leichter, wenn  $z = 0^\circ$  oder  $180^\circ$ , um 0.056 gr schwerer bei  $z = 90^\circ$ .

- 45) — Sur la variation de l'intensité de la pesanteur due à l'attraction lunisolaire. Conséquences relatives à la marche des pendules. (Bulletin astron. I, 217.)

- 46) — Influence de l'attraction lunisolaire sur la marche des pendules. (Comptes rendues 1884, I, 893.)

Ableitung der mathematischen Form der Störung, welche die Länge der Secunde durch die lunisolare Anziehung erleidet. Ist  $T$  der Ueberschuss der Zeit, welche das Secundenpendel gebraucht, um unter dem Einflusse des Mondes und der Sonne die einem Jahre entsprechende Zahl von Secunden zu schlagen, über diejenige, die es gebrauchen würde, um dieselbe Zahl ungestört zu schlagen, so ist  $T$  für verschiedene geographische Breiten

$0^\circ$	$T = + 0.49$
15	+ 0.39
30	+ 0.12
45	— 0.24
60	— 0.61
75	— 0.78
90	— 0.97.

Diese Grössen sind bei den Beobachtungen unmerkbar.

- 47) Hagen: On the deflection of the Level due to solar and lunar attraction. (Astr. Nachr. Nr. 2568.)

Eine historische Uebersicht der theoretischen Ableitungen der durch Mond und Sonne verursachten Lothablenkungen. (Eine Revue dieser Arbeit mit einigen Bemerkungen von Radau findet sich Bulletin astronomique I, p. 51.)

- 48) Bertelli: Appunti storici intorno alle riserche sui piccoli e spontanei moti dei pendoli fatte dell secolo XVII in poi. (Bullet. di bibliograf. di storia delle scienze mat. e fis. XI, 1873.)

- 49) Bouquet de la Grye: Etude sur les déviations du pendule au Mexique. (C. R. 1884, II, 170.)

Bei Gelegenheit der Beobachtung des Venusdurchganges im Fort Loreto in Puebla wurde ein „seismographe multiplicateur“ in einer Kapelle aufgestellt. Ein langer Stahldraht trägt unten eine Kugel, in die unten ein verstellbarer Stahlstift eingesetzt ist. Letzterer reicht in eine Oeffnung der Vergrößerungsvorrichtung hinein, in der er mit sehr geringer Reibung gleiten kann. Die Oeffnung hat nämlich die Gestalt eines Dreiecks, dessen eine Seite federt und somit leicht gegen den cylindrischen Stift drückt. Der Vergrößerungsapparat lässt sich bezeichnen als Waage ohne Arme, an die Stelle der Schneide tritt eine feine Spitze. Die Waage trägt eine sehr lange, nach unten gerichtete Zunge und ist so ausbalancirt, dass der Schwerpunkt fast mit dem Stützpunkte zusammenfällt. Unmittelbar über dem letzteren liegt die dreieckige Oeffnung, deren Centrum ebenso wie die Stahlspitze genau unter dem Aufhängepunkte des Pendels liegen. Pendel und Waage waren an eisernen Trägern an der Wand befestigt und man erzielte bei einer Pendellänge von 3.60 eine 55.5-fache Vergrößerung der Bewegungen der Pendelspitze. 1" Lothablenkung entsprach 1 mm Bewegung der unteren Zungenspitze. Ein mit einem Netz überzogenes Papier berührte die letztere nahezu und die Ablesungen geschahen in zwei Azimuthen durch die Fenster eines Gehäuses. B. bemerkt später, dass er im Jahre 1875 für einen ähnlichen Apparat eine elektrische Registrirvorrichtung von Breguet habe anfertigen lassen. (Doch ist nicht gesagt, warum dieselbe später keine Anwendung gefunden hat.) Man könne auch die Photographie verwenden.

Der Apparat wurde genau justirt und die Temperaturschwankungen betragen nur 0.1. Die Resultate der Beobachtungen sind folgende: „Durch die Vereinigung aller Beobachtungen (wie lange?) findet man, nachdem dieselben von dem Einflusse der später zu erwähnenden anormalen Bewegungen befreit sind, als Effect der Sonneneinwirkung auf die Bewegung des Pendels folgende stündliche Mittel in hundertstel Secunden ( $x$  und  $y$  sind die Coordinaten im ersten Vertical und im Meridian):

	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>
$x$	-17	-11	-23	-6	-1	+15	+8	+12	+8	+4	+3	+3
$y$	-1	-1	+12	-3	-9	-18	-4	-14	-6	+10	+17	+6.

Es scheint, als ob Morgens und Abends die Sonne das Pendel abstiesse, gegen 23<sup>h</sup> dagegen dasselbe anzöge.“ Erstere Erscheinung wird als Folge der Sonnenstrahlung in Verbindung mit der Lage der Kapelle erklärt, die Anziehung dagegen scheint eine reelle zu sein.

„Gruppirt man die Beobachtungen nach dem Stundenwinkel des Mondes, so findet man Folgendes:

	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>
$x$	-5	-4	+11	+13	+21	+6	-9	-7	-12	-8
$y$	+4	-1	0	+4	-1	+5	-3	-1	-2	+4.

Hiernach wird das Pendel vom Monde angezogen, und da derselbe dem Zenith nahe kommt, sind die Abweichungen  $y$  klein. Drei Stunden vor und nach dem Meridiandurchgange (Maximum der Ablenkung) beträgt die Ablenkung ungefähr 0.10. Diese Zahlen, welche die aus der Theorie folgenden übertreffen, können jedoch nicht als Controle dienen. Das Pendel hatte nicht die ausreichende Länge, aber es ist interessant, festzustellen, dass die Bewegung nach dem Meridiandurchgange das andere Zeichen erhält.“ — Es wurden auch auffallende plötzliche Schwankungen beobachtet, welche man wegen des Azimuths, in dem sie erfolgten, auf den vulcanischen Einfluss der Gebirgskette des Popocatepetl bezog. „Il serait interessant de poursuivre ces études en enregistrant les mouvements d'un long pendule d'une façon continue dans un observatoire, ils fourniraient des notions précieuses sur le mouvement de la croûte terrestre et aussi sur le phénomène des marées.“

50) Russel (s. o. Nr. 25): Local Variations and vibrations of the Earth's surface. (Royal Society of N. S. W. 1885, Juli 1.)

Es wird die Nothwendigkeit betont, bei astronomischen Untersuchungen Rücksicht auf die Bewegungen des Erdbodens zu nehmen. In einer Uebersicht über die Arbeiten des Comités der British Association ist irrtümlich angenommen, dass es sich dabei um die Beobachtung der körperlichen Gezeiten gehandelt habe, während man thatsächlich die directe Anziehung des Mondes beobachten wollte.

R. benutzte die automatischen Wasserstandsbeobachtungen am Lake George (20 englische Meilen lang, 5—6 Meilen breit). Es zeigte sich, dass tägliche Schwankungen von geringem Betrage vorhanden waren; am Tage strömte das Wasser vom Aequator fort und während der Nacht zu demselben hin. Ausserdem zeigten sich merkwürdige periodische Aenderungen des Wasserstandes, die weder durch den Luftdruck, noch durch den Wind zu erklären waren<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Prof. Forel in Morges hat in einem Theile dieser periodischen Bewegungen die den Verhältnissen des Lake George entsprechend modificirte, unter dem Namen „seiches“ bekannte Erscheinung wieder erkannt.

Im Anschluss hieran wurden die Instrumentalcorrectionen des Meridiankreises untersucht (s. o.). Es wird vorgeschlagen, zur Untersuchung der Bewegungen des Erdbodens ein eigenes Instrument mit photographischer Registrierung anzuwenden.

Nach Erwähnung einiger merkwürdiger, durch den Fluthmesser angezeigter und muthmaasslich mit Luftdruckschwankungen zusammenhängender Anschwellungen des Sees wird der Schluss gezogen, dass es nothwendig sei, die elastischen Veränderungen der Erdoberfläche zu studiren. Es sei der Anschein vorhanden, dass gemeinsame Ursachen correspondirende Erscheinungen auf der Nord- und Südhemisphäre der Erde verursachten. Muthmaasslich befinde sich zu den Zeiten der Solstitien, welche zugleich den Maximis und Minimis der jene Erscheinungen darstellenden Curven entsprechen, die Erde in Folge der Anziehung der Sonne auf den äquatorialen Wulst in einem Zustande der Spannung.

- 51) Gyldén: Ueber den Einfluss, welchen Aenderungen der Rotationsaxe des Erdkörpers auf das Meeresniveau ausüben können. (Bull. de l'Ac. d. Sc. de St. Petersb. 1871, 52.)

Im Anschluss an die Untersuchungen Gyldén's (Recherches sur la rotation de la terre) über die Verschiebungen der Rotationsaxe des Erdkörpers wird hervorgehoben, dass die wahrgenommenen Veränderungen der Polhöhe, welche bekanntlich in neuester Zeit eine Bestätigung erfahren haben, auch durch Aenderungen der Lothrichtung hervorgerufen sein können. Selbst sehr kleine Ablenkungen können beträchtliche Schwankungen des Wasserstandes in Meeren und Seen verursachen. Dagegen ist bei Aenderungen der Rotationsaxe der Effect nur gering, indem nur die im Verhältnisse zur Schwerkraft sehr geringfügige Aenderung der Centrifugalkraft in Betracht kommt. Es folgt eine theoretische Untersuchung, nach welcher die einer Drehung der Rotationsaxe um 1" innerhalb des Erdkörpers entsprechenden Niveauänderungen lange nicht so gross sind, wie die an vielen Orten beobachteten Hebungen und Senkungen.

- 52) Mascart: Sur les variations de la pesanteur. (C. R. 95, 126.)

M. hat folgendes Instrument erfunden. Ein Heberbarometer mit einem kurzen geschlossenen Schenkel enthält eine Quantität Kohlensäure, welche durch eine Quecksilbersäule von 1 m Höhe zusammengedrückt wird. Zur Erhaltung gleichmässiger Temperatur ist das Ganze in eine Röhre mit Wasser gestellt, die Ablesung geschieht wie gewöhnlich auf  $\frac{1}{100}$  mm, die der Temperatur auf  $\frac{1}{100}$  Grad. Eine Höhendifferenz von 150 m ergab eine Differenz der Ablesungen von 0.027 mm, was ungefähr der Theorie entspricht. Lässt sich die Höhe der Barometersäule auf 0.01 mm bestimmen, so entspricht diese Grösse 0.01 mm in der Länge des Sekundenpendels.

## 53) Mascart: Sur le baromètre à gravité. (C. R. 95, 631.)

Es wurden Beobachtungen auf einer nordischen Reise gemacht; mit der Theorie verglichen zeigen dieselben Fehler im Betrage von 0.00003 bis zu 0.00027 in dem Verhältnisse  $\frac{dg}{g}$ . Vielleicht liegen reelle Ursachen diesen Abweichungen zu Grunde.

## 54) Plantamour, Ph.: Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. (Archives des Sciences physiques et naturelles, Genf 1879 u. flgde. Jahre.)

Herr P. hatte im Frühjahr 1878 begonnen, Beobachtungen an Niveaus anzustellen (vergl. Comptes Rendues 1878, 24. Juni), welche ihn veranlassten, dieselben lange Jahre hindurch gründlich zu verfolgen. Die Resultate dieser Beobachtungen sind meist in dem Decemberhefte der „Archives“ enthalten, von denen mir elf Jahrgänge vorliegen. 1889 hatte ich Gelegenheit, die Aufstellung der Niveaus in Augenschein zu nehmen, und vermuthete, dass die Beobachtungen noch jetzt ihren Fortgang nehmen<sup>1)</sup>. 1878 October 1 bis 1879 September 30 waren zwei Niveaus in Thätigkeit, von denen das eine OW., das andere NS. orientirt war; sie befanden sich im Souterrain eines Hauses im Garten von Sécheron auf einem Maueransatze an der Westwand. Das Haus ist nur 25 m vom Ufer des Genfer Sees entfernt und der Boden des Kellers liegt 20 cm unterhalb des gegen den See hin eine Terrasse bildenden Terrains, während letzteres auf der entgegengesetzten Seite um 2 m höher ist. Dieser Unterschied ist zum Theil durch die nicht unbeträchtliche Böschung der Seeufer bedingt. Die Ablesungen der Niveaus geschahen Anfangs fünfmal am Tage, um 9<sup>h</sup>, Mittags, 3<sup>h</sup>, 6<sup>h</sup>, 9<sup>h</sup>. Da sich aus diesen Ablesungen die Existenz einer sehr geringen täglichen Periode für das OW. orientirte Niveau ergab, deren Amplitude bis zu 3.2 stieg, so wurden später nur Ablesungen zu den Zeiten des Minimums und Maximums der Curve, nämlich um 9<sup>h</sup> Morgens und 6<sup>h</sup> Abends gemacht. Diese Beobachtungen wurden in den folgenden Jahren fortgesetzt. Vom 1. October 1886 an wurde das vorher NS. orientirte Niveau an einer der Aussenmauer parallel laufenden Zwischenmauer ebenfalls in der Richtung OW. orientirt, um festzustellen, ob die Bewegungen der Blase denen der Blase am anderen Niveau entsprechen würden. Diese Einrichtung wurde bis zum Schlusse der mir vorliegenden Beobachtungen beibehalten.

<sup>1)</sup> In den „Archives“ vom 15. October 1892, No. 10, ist ein Artikel von Pidoux „Des Mouvements périodiques du sol“ enthalten, dem zu Folge die Beobachtungen des Herrn Ph. Plantamour im Jahre 1890 ihren Abschluss gefunden haben. Dieselben werden indessen seit April 1891 im Keller der Genfer Sternwarte mit Hilfe derselben Niveaus fortgesetzt, und es liegt bereits ein Jahrgang derselben bis zum 1. April 1892 reichend vor. Es ist zu bedauern, dass man sich an Stelle der, wie fast alle Erfahrungen zeigen, für solche Beobachtungen nicht einwandfreien Niveaus nicht für die Anwendung irgend einer automatisch registirenden Vorrichtung entschieden hat.

Die Hauptergebnisse dieser langen Beobachtungsreihe sind folgende:

- 1) Die tägliche Periode in der Richtung des ersten Verticals ist ziemlich merklich, das Ostende des Niveaus befindet sich relativ am höchsten zwischen 6<sup>h</sup> und 7<sup>h</sup> Abends, am niedrigsten um dieselbe Zeit Morgens. In der Richtung des Meridians ist die tägliche Periode nur sehr wenig ausgesprochen und von keiner Bedeutung.
- 2) Die jährliche Bewegung ist im ersten Vertical eine sehr beträchtliche und schliesst sich in ihrem Gange sehr nahe der Temperatur an. Die Amplitude derselben beträgt im Allgemeinen etwas über 20". Die Epochen der grössten Hebung und Senkung des Ostendes folgen in wechselnden Zwischenräumen (bis zu vier Monaten) auf das Maximum und Minimum der Temperatur, in einigen Fällen treten sie sogar verfrüht ein. Das oben erwähnte, am 1. October 1886 installirte Niveau zeigt ganz ähnliche Bewegungen von jedoch geringerer Intensität an. Auch das im Meridian aufgestellte Niveau lässt eine jährliche Periode erkennen, deren Amplitude in den ersten Jahren 4" bis 5" betrug, die Bewegung ist indessen nicht der Art, dass man sie ausschliesslich auf die Wirkung der Temperatur zurückführen könnte.
- 3) Von diesen periodischen Bewegungen abgesehen, finden zum Theil erhebliche fortschreitende Aenderungen statt. An dem Hauptniveau (OW.) hat sich das Ostende in den elf Jahren um 115" gesenkt; diese Bewegung vertheilt sich sehr verschieden auf die Jahre. Während von 1878—1881 eine Senkung von nahe 100" stattfand, blieb das Niveau von 1884—1889 fast stationär. Im Sinne des Meridians sind die fortschreitenden Bewegungen fast unmerklich. Eine Vergleichung der Intensität der Senkung des Ostendes des OW.-Niveaus in den verschiedenen Jahren mit der Sonnenfleckenhäufigkeit (11. Jahrg., Arch. 15. Nov. 1889) lässt keine klare Beziehung zwischen den beiden Erscheinungen hervortreten.

Bei Gelegenheit der Discussion der Jahrgänge 1880—1882 dieser Beobachtungen sind zwei Briefe von C. v. Orff in München mitgetheilt über dessen Beobachtungen an Niveaus im Keller der Bogenhausener Sternwarte. Es wurden dort Anfangs drei, später vier Niveaus benutzt, davon zwei (später drei) in der Richtung des Meridians und eins in der Richtung des ersten Verticals. Man überzeugte sich bald, dass selbst benachbarte Niveaus verschiedene Bewegungen zeigen. Reducirte man mit Rücksicht auf eine vorhandene fortschreitende Bewegung die Ablesungen der beiden ersterwähnten, so fiel sogar die Epoche des Maximums der Neigung beim einen mit derjenigen des Minimums beim anderen nahe zusammen. Als später ein viertes Niveau dicht neben ein anderes auf denselben Pfeiler gesetzt wurde, zeigten sich auch hier geradezu entgegengesetzte Bewegungen. Nicht minder ergab die Vergleichung des OW.-Niveaus mit den Nivellirungen am darüber befindlichen Meridiankreise ein im Allgemeinen verschiedenes Verhalten der beiden Niveaus.

Durch sorgfältige Bestimmung der Temperaturen am Fussboden wurde nun festgestellt, dass selbst in ganz geringen Abständen nicht unbeträchtliche Differenzen (bis zu 1°) vorkommen. Obwohl sich der Einfluss dieser auf das Niveau des Fuss-

bodens theoretisch nicht ermitteln lässt, so bestätigen doch diese Wahrnehmungen die Annahme, dass die erwähnten Niveaubewegungen im Wesentlichen auf der von Ort zu Ort, selbst innerhalb eng begrenzter Räume, wechselnden Faltung des Erdbodens beruhen.

- 55) Davison: Note on M. Ph. Plantamour's Observations by means of levels on the periodic movements of the ground at Sécheron near Geneva.

Discussion der Plantamour'schen Beobachtungen von 1878 bis 1886.

D. findet, dass die Inclination in der zur Böschung des Seeufers (dessen Richtung  $17^{\circ}$  östl. Nord zu  $17^{\circ}$  westl. Süd ist) senkrechten Richtung stattfindet. Durch theoretische Betrachtungen unter Berücksichtigung der Localität findet er weiter, dass sowohl der Sinn, als auch der Betrag der jährlichen Periode durch die Aenderungen der Temperatur in befriedigender Weise zu erklären sind. Dagegen dürften die nicht periodischen grossen Veränderungen auf geologische Einflüsse zurückzuführen sein.

- 56) Zoellner: Ueber einen neuen Apparat zur Messung anziehender und abstossender Kräfte. (K. S. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig. Sitz. d. phys.-math. Klasse, 27. Nov. 1869.)

- 57) — Ueber die Construction und Anwendung des Horizontalpendels. (Ebenda, 1. Juli 1871.)

- 58) — Zur Geschichte des Horizontalpendels. (Ebenda, 2. Nov. 1872.)

- 59) Safarik: Beitrag zur Geschichte des Horizontalpendels. (Poggendorff's Annalen, Bd. 150, S. 150 ff.)

(Vorstehende vier Abhandlungen sind auch abgedruckt in den Wissenschaftl. Abhandl., Bd. IV, von Zöllner.)

Zoellner geräth unabhängig von unbeachtet gebliebenen Vorgängern<sup>1)</sup> auf die Idee, ein horizontal schwingendes Pendel zur Beobachtung der Neigung seiner Drehungsachse zu verwenden. Seine Ausführung derselben ist in dieser Abhandlung besprochen.

- 60) G. H. Darwin: Report of the Committee of the British Association . . . appointed for the Measurement of the Lunar Disturbance of Gravity. On an instrument for detecting and measuring small changes in the direction of the force of gravity.

<sup>1)</sup> Hengler, ein Schüler Gruithuisen's, hat nach des letzteren Zeugnis das Princip des Horizontalpendels oder der Schwungwaage zuerst angewandt, s. Gruithuisen, Neue Analekten für Erd- und Himmelskunde, 1832, und Dingler's Polytechnisches Journal, 1832. In letzterem ist ein längerer Aufsatz Hengler's mit bildlicher Darstellung enthalten. Die daselbst mitgetheilten Beobachtungen sind unzweifelhaft erfunden. Die Idee des Horizontalpendels findet sich ferner bei Perrot (s. o.).



## 61) G. H. Darwin: Second Report of the Committee etc.

Die Berichte dieser aus den angesehensten englischen Physikern zusammengesetzten Commission beruhen im Wesentlichen auf den Arbeiten G. H. Darwin's und seines Bruders Horace Darwin. Den reichen Inhalt dieser beiden hochinteressanten Abhandlungen hier in Kürze wiederzugeben, ist nicht möglich. Es soll daher nur das angewandte Instrument kurz beschrieben werden.

Den Beobachtungen lag die Absicht zu Grunde, die Anziehung des Mondes auf der Erdoberfläche wahrnehmbar zu machen. Die Anregung dazu gab Sir William Thomson, welcher 1879 mit folgendem einfach eingerichteten Instrumente in Glasgow Experimente anstellte. Dasselbe bestand aus einem 5 Fuss langen Pendel mit Bleigewicht, aus dessen unterem Ende eine Spitze hervorragte. Die Bewegungen der letzteren wurden auf einen kleinen Spiegel in Bifilaraufhängung übertragen, indem der eine von den Fäden an der Pendelspitze, der andere an einem kleinen Stativ befestigt war. Indem man nun letzteres der Pendelspitze beliebig nahebringen konnte, erzeugten die zur Ebene der Fäden senkrechten Verschiebungen der letzteren ziemlich beträchtliche Drehungen des Spiegels.

G. H. Darwin und sein Bruder stellten ein sehr ähnliches Instrument her. Der wesentliche Unterschied bestand darin, dass das ganze Pendel sammt dem Spiegel in eine Flüssigkeit getaucht wurde, um den Einfluss der Erschütterungen, der sich in Glasgow sehr merklich gezeigt hatte, zu vermindern. Die Beobachtungen geschahen in Cambridge im Cavendish-Laboratorium, woselbst das Pendel an einem sehr soliden, durch ein Verbindungsstück gekrönten Doppelpfeiler aufgehängt wurde. Der Boden rings um die Pfeiler wurde bis zu  $2\frac{1}{2}$  Fuss Tiefe ausgegraben. Bei den ersten Beobachtungen war die Bewegung des Pendels im Sinne des Meridians derart, dass dasselbe zwischen  $5^h$  und  $7^h$  Abends seine nördlichste Stellung am Tage erreichte. Temperatureinflüsse (erzeugt durch Berührung gewisser Theile des Instruments und durch die zu den Ablesungen benutzte Lampe) riefen erhebliche Bewegungen des reflectirten Lichtstrahles hervor. Um die Bewegungen der Pendelspitze auf ein bestimmtes Azimuth zu beschränken, wurde darauf das Pendel selbst mit Bifilaraufhängung versehen. Um den Betrag der Ablenkungen abschätzen zu können, wurde ferner folgende Einrichtung ersonnen. Ein zweites Pendel von sehr geringem Gewicht, dessen Aufhängepunkt sich nahe dem des ersten befindet, legt sich gegen das letztere und erzeugt eine dem Verhältnisse der Massen beider entsprechende Ablenkung. Die letztere ist abhängig von den bekannten Massen beider Pendel und der gegenseitigen Lage der Aufhängepunkte, welche durch eine Mikrometerschraube gemessen wird. Bei den ersten Versuchen war das Gewicht des grossen Pendels 6600-mal so gross, als das des kleinen, und mit den übrigen gegebenen Grössen ergab es sich, dass einer Umdrehung der Mikrometerschraube eine Bewegung der Pendelspitze von 0.0001 mm entsprach.

Dagegen musste der Effect der Mondanziehung unter der Voraussetzung eines starren Erdinnern im Sinne des Meridians  $2\frac{2}{3}$  Schraubenumdrehungen betragen. Als einhüllende Flüssigkeit wurde eine Mischung von Alcohol und Wasser gewählt, durch welche eine weitere Verminderung des störenden Einflusses der Erschütterungen erzielt wurde. Ferner wurde statt der directen Beobachtung des reflectirten Lichtstrahles die Ablesung mittelst Fernrohr und Scala eingeführt. In den beiden hier erwähnten Fällen wurde den Beobachtungen durch das Brechen der zum Durchlassen des Lichtes bestimmten Gläser ein Ende bereitet. Während eines dritten Versuches wurde mehrfach die Wirkung äusserer Störungen, wie Belastung der Umgebung, Erwärmung einzelner Theile des Instrumentes, studirt. Erstere erzeugte ziemlich beträchtliche, letztere dagegen nur geringe Ablenkungen des Pendels.

Durch ihre Beobachtungen gelangten die Beobachter zu der Ueberzeugung, dass in erster Linie eine bessere Ausgleichung der Temperatur innerhalb des Trägers des Pendels anzustreben sei. Sie errichteten daher in einem geeigneteren Raume einen neuen Apparat nach demselben Princip. Dabei befand sich das Pendel nebst dem Spiegel in einem verticalen kupfernen Rohre, dessen oberes Ende die Vorrichtung zur Aufhängung enthielt. Dieses Rohr stand auf einem von einem cementirten Graben umgebenen Steinpfeiler und wurde von einem weiten, auf die Oberfläche des Pfeilers wasserdicht angepassten Thonrohr umschlossen. In das Kupferrohr wurde ein Gemisch von gleichen Theilen Wasser und Alcohol gegossen, so dass das ganze Pendel sammt seinen Aufhängepunkten darin eintauchte. Das äussere Rohr wurde dann ebenso wie der den Pfeiler umgebende Graben mit Wasser gefüllt, so dass das Pendel von einer doppelten, alle Theile des Apparates und der Pfeiler aber von einer einfachen wärmeausgleichenden Schicht umgeben waren. Die Einrichtungen zur Einstellung des Pendels und zur Bestimmung des Werthes der Scala waren derart getroffen, dass alle Manipulationen von ausserhalb des Zimmers her vor sich gehen konnten. Zur Ablesung konnte man Fernrohr und Scala wegen des starken Lichtverlustes im Apparate nicht gebrauchen und wurde dazu eine durch eine Gasflamme gebildete selbstleuchtende Marke benutzt, deren Licht gegen eine verschiebbare Scala reflectirt wurde.

Die Beobachtungen an diesem Instrumente ergaben, dass durch die getroffenen umfangreichen Vorkehrungen zwar die früher bemerkte Unruhe des Bildes wesentlich verringert wurde, dagegen der Einfluss der Belastung des Bodens in der Umgebung noch immer sehr merkbar blieb; ja man konnte sogar die Bewegung bemerken, welche in einem Abstände von 16 Fuss vom Apparate dadurch hervorgerufen wurde, dass eine Person abwechselnd den rechten und linken Fuss emporhob. Die tägliche Periode hatte sich insofern etwas verändert, als das Maximum (die nördliche Elongation) schon gegen Mittag, statt wie früher gegen 6<sup>h</sup> Abends eintrat. Im Uebrigen bestanden dieselben merkwürdigen fortschreitenden Be-

wegungen wie früher, welche übrigens auch hier und da ihr Zeichen wechselten. Die Empfindlichkeit während der letzten Beobachtungen war derart, dass ein Zoll der Scala 0.09 entsprach, und Zehntel liessen sich mit aller Sicherheit abschätzen.

Wie aus dem zweiten Berichte hervorgeht, brach noch während des Jahres 1881 die geschilderte Vorrichtung zusammen. Bedauerlicher Weise scheinen die Beobachtungen damit ihren Abschluss gefunden und das Comité der British Association scheint damit, wie ich einem Schreiben des Herrn Darwin aus dem Jahre 1888 entnehme, seine Thätigkeit eingestellt zu haben, vermuthlich mit Rücksicht auf die Bemerkung am Schlusse des zweiten Berichtes, dass Beobachtungen der Lothlinie wegen der unberechenbaren elastischen Compression der oberen Erdschichten vermuthlich auf die Dauer kein Interesse bieten könnten.

Der theoretischen Untersuchung dieser Compression ist ein grosser Theil der zweiten Abhandlung gewidmet. Speciell untersucht sind die Fälle, in welchen durch das Vorhandensein eines barometrischen Minimums und Maximums auf entgegengesetzten Seiten eines Ortes, sowie durch das periodische Auftreten der Fluth an Meeresküsten Niveauveränderungen erzeugt werden. Dabei ist die merkwürdige Thatsache hervorgehoben, dass die hierdurch erzeugte Ablenkung der Lothlinie stets in demselben Verhältnisse zu der von der störenden Luft- oder Wassermasse bewirkten Anziehung steht, so lange dieselbe Voraussetzung über die Starrheit der Erde besteht. Ist beispielsweise die Erde so starr wie Glas, so wird die durch den Druck erzeugte Böschung das acht- bis fünffache der Ablenkung durch Anziehung betragen. Hat dagegen die Erde die Härte von Stahl, so ist die Böschung noch immer  $1\frac{1}{2}$  mal so gross, als die Anziehung. Für die grössten vorkommenden Luftdruckdifferenzen ergibt sich ferner für einen Abstand von 300 geographischen Meilen zwischen Cyclon und Anticyclon, dass unter dem letzteren der Boden 9 cm niedriger ist, als unter ersterem. Der Effect der Gezeiten, obwohl in nächster Nähe der Küste nicht unmerklich, nimmt rasch mit der Entfernung von derselben ab. Dennoch ist derselbe, wenn die der Berechnung zu Grunde gelegten Verhältnisse der Natur entsprechen, selbst noch im Innern der Continente von gleicher Ordnung, wie die durch den Mond erzeugte Ablenkung. Für die atlantischen Küsten Europas findet z. B. Darwin unter der Annahme der normalen Fluthhöhe im atlantischen Ocean folgende Unterschiede der Ablenkung (mit Einschluss der Wasseranziehung) zwischen Hoch- und Niedrigwasser:

Abstand vom Wasser	Oscillation
10 m	0.126
100 „	0.101
1 km	0.076
10 „	0.050
20 „	0.042
50 „	0.035
100 „	0.025.

Diese Zahlen gelten für die Annahme, dass die Festigkeit der oberen Erdschichten diejenige des Glases sei.

In dem ersten Berichte wird noch folgendes Experiment erwähnt. Zwei lange, starke Drähte aus Eisen und Kupfer wurden 8½ Fuss tief senkrecht in die Erde getrieben, bis man auf einen Widerstand stiess. Darauf wurde ein Stein von der Form eines Mühlsteines über die hervorragenden Enden der Drähte gelegt und durch eine Mikrometervorrichtung von Zeit zu Zeit der Höhenunterschied zwischen der oberen Fläche des Steines und den Enden der Drähte gemessen. Bei anhaltendem Frost und langer Dürre, sowie andererseits bei starken Regengüssen, fanden relative Bewegungen des Steines und der Drahtspitzen statt, welche bis auf 8½ mm stiegen. Diese Thatsache erscheint von Bedeutung für die Aufstellung von astronomischen Instrumenten, deren Pfeiler in nicht zu grosser Tiefe ruhen.

In den beiden Abhandlungen sind weiter Mittheilungen aus der einschlägigen Litteratur vorhanden, welche zum Theil auf das nahe verwandte Gebiet der Seismologie übergreifen. Erwähnt möge noch eine Notiz über ein von Dr. C. W. Siemens erfundenes Instrument werden. Das Princip desselben ist nach anderen Quellen etwa folgendes. Zwei flache, mit Quecksilber gefüllte Gefässe communiciren durch ein horizontales Rohr. Bei einer Neigung der Fläche, welche den Gefässen zur Unterlage dient, wird das Niveau des Quecksilbers in einem Gefässe steigen, im anderen sinken. Beide Gefässe sind geschlossen und mit Weingeist gefüllt, welcher auch ein die oberen Theile der Gefässe verbindendes enges, horizontales Glasrohr erfüllt; im letzteren ist eine Luftblase eingeschlossen. Aendert sich nun das Niveau, so wird die Blase ihre Stellung verändern. Ist die Oberfläche der Gefässe sehr gross im Vergleich zum Querschnitt der oberen Verbindungsröhre, so müssen schon sehr kleine Niveauveränderungen sichtbar werden. Dieses, theoretisch betrachtet, offenbar einer grossen Empfindlichkeit fähige Instrument ist in England practisch angewandt worden, anscheinend aber ist man von seiner weiteren Benutzung durch die Bedenken abgekommen, welche dasselbe wegen der Wirkung, die sowohl Temperaturdifferenzen, als auch die Capillarerscheinungen in den Röhren ausüben, einflössen muss.

- 62) Milne: Earth Tremors in Central Japan. (Transactions of the Seismological Society of Japan, 1888, vol. XI.)

Kritik der neueren Arbeiten italienischer Beobachter über mikroseismische Erdbewegungen. Unter der Oberleitung von de Rossi finden in Italien systematische Beobachtungen seismischer Phänomene statt; es werden tägliche synoptische Karten und im *Bulletino del Vulcanismo Italiano* zehntägige Uebersichten veröffentlicht. Milne zeigt an einigen Beispielen, dass er den Schlussfolgerungen de Rossi's aus den täglichen Beobachtungen nicht allgemein beistimmen kann und glaubt, dass die Maxima und Minima der „Earth tremors“ nicht mit den Baro-

meter-Maximis und -Minimis, sondern mit steilen barometrischen Gradienten zusammenfallen und deshalb ihre Entstehung vielleicht dem Winde verdanken.

Die Beobachtungen in Japan geschahen mit sehr verschiedenen Hilfsmitteln. Zuerst wurden Mikrophone in Verbindung mit Telephonen und Pendel angewandt. An den Mikrophonen waren merkwürdige Geräusche zu hören, doch war es nicht möglich, daraus practische Ergebnisse abzuleiten. Später wurden Niveaus benutzt, die aber gleichfalls ihrer Unzuverlässigkeit wegen verworfen wurden. Schliesslich gelangte Milne nach vielen vergeblichen Versuchen zur Construction des „Tromometers“. Der Apparat ist vollkommen identisch mit dem Bouquet de la Grye's. Auch die elektrische Registrirung wurde benutzt, indem die momentane Lage der Pendelspitze alle fünf Minuten auf zwei sich rechtwinkelig kreuzenden, unter derselben durch ein Uhrwerk fortbewegten Papierstreifen durch einen durchschlagenden Funken verzeichnet wurde. Aus solchen Beobachtungen ergab sich Folgendes. Oft ist der „Pointer“ in Ruhe und die Punkte auf dem Papiere folgen in gleichen Abständen auf gerader Linie. Oft findet aber auch starke Bewegung statt, so dass der Papierstreifen unregelmässig mit Punkten bedeckt ist. Endlich zeigen sich stetige Abweichungen, bei denen die Reihe der Punkte zwei bis drei regelmässige Wellen enthält.

- 63) P. Smyth: General results deduced from thirty nine years of the Edinburgh Earth Thermometer Observations. (Astron. Observ. made at the Roy. Obs. Edinburgh, vol. XIV.)

Prof. Forbes hat (Transact. of the R. Soc. of Edinburgh, vol. XVI) Folgendes gezeigt:

- 1) Das Material, in welchem die Erdthermometer versenkt sind (Porphyry trap-tuff rock), ist bei 25 Fuss Tiefe in Beziehung auf Transmission und Absorption einer Schicht von 38 Fuss Sandstein äquivalent.

- 2) Die jährlichen Amplituden der Thermometer betragen

für $t_1$	in 25.6 Fuss Tiefe	1.32	Fahrenheit.
„ $t_2$	„ 12.8 „ „	4.99	„
„ $t_3$	„ 6.4 „ „	10.21	„
„ $t_4$	„ 3.2 „ „	16.81	„
„ Luft	„ — „ „	20.2	„

- 3) Die Maxima treten ein

für $t_1$	Jan. 6	des folgenden Jahres	mit 0.454	} Verspätung gegen das Maximum für Luft.
„ $t_2$	Oct. 15	desselben	„ „ 0.225	
„ $t_3$	Sept. 2	„	„ „ 0.108	
„ $t_4$	Aug. 16	„	„ „ 0.064	
„ Luft	Juli 25	„	„ „ —	

## 4) Die Minima treten ein

für $t_1$	Juli	8	mit 0.462	} Verspätung gegen das Minimum für Luft.
„ $t_2$	April	22	„ 0.251	
„ $t_3$	März	19	„ 0.159	
„ $t_4$	Febr.	21	„ 0.088	
„ Luft	Jan.	20	„ —	

Diese Resultate beruhen auf wenigen Jahren. Aus 33jährigen Beobachtungen folgt:

$t_1 - t_4 + 0.91$	Fahrenh.	und die mittlere Temperatur $t_1$	47.25	Fahrenh.,
$t_2 - t_4 + 0.65$	„	„	46.99	„
$t_3 - t_4 + 0.26$	„	„	46.60	„
			46.34	„

Stellt man die Beobachtungen in Curven dar, so erhält man grosse Wellen, die sich über viele Jahre erstrecken. Die Störungen, welche sie erzeugen, kommen von aussen, da sie in der Tiefe geringer sind, als an der Oberfläche. Maxima der Wellen treten ein 1846.5, 1858.0 und 1868.7. Zwischen je zwei dieser Maxima liegen drei kleinere Wärmewellen, die die Hauptmaxima einschliessenden Minima sind stets die auffälligsten. P. Sm. vermuthet, dass Wellen von etwa 0.75, 2.6 und 40 Jahren Periode superponirt sind. Die Periode der Hauptmaxima entspricht der Sonnenfleckenperiode, aber die Curven beider Erscheinungen haben verschiedenen Charakter.

64) Potsdam: Erdtemperaturen, beobachtet auf dem astrophysikalischen Observatorium. (Nach den Publicationen dieses Instituts und brieflicher Mittheilung des Dr. Kempf.)

Die Temperaturbeobachtungen in der Kammer des Brunnens in 24.4<sup>m</sup> Tiefe ergaben folgende Monatswerthe:

	1881	1882	1883
Januar	+ 10.20	+ 10.31	+ 10.52
Februar	10.10	10.22	10.43
März	10.01	10.21	10.37
April	10.00	10.24	10.35
Mai	10.01	10.31	10.41
Juni	10.10	10.36	10.55
Juli	10.20	10.44	10.71
August	10.24	10.51	10.77
September	10.32	10.55	10.82
October	10.38	10.60	10.91
November	10.38	10.62	10.94
December	10.34	10.59	10.88
Mittel	10.19	10.42	10.64.

Die mittlere Amplitude beträgt 0.35.

Ferner wurden folgende Temperaturen beobachtet:

	1881	1882	1883
in 29.8 <sup>m</sup> Tiefe	+ 9.71	+ 9.79	+ 9.92
„ 36.4 „	9.76	9.82	9.94
„ 43.0 „	9.88	9.90	10.05.

Aus den Aufzeichnungen der letzten Jahre ergeben sich ferner folgende Daten (auf den absoluten Maximis und Minimis der Temperatur beruhend) im Mittel für 1888—1891:

	Maximum		Minimum		Amplitude
Luft	0.514	+ 30.52	0.025	— 17.88	48.0
0.0 <sup>m</sup> Tiefe	0.533	23.50	0.061	— 10.25	33.7
0.1	0.550	19.48	0.052	— 9.78	29.3
0.25	0.544	18.02	0.052	— 4.95	23.0
0.5	0.556	16.05	0.061	— 1.42	17.5
0.75	0.600	15.08	0.144	— 0.31	15.4
1.0	0.639	14.38	0.161	+ 1.43	12.9
1.5	0.652	13.34	0.211	+ 2.71	10.6
2.0	0.686	12.62	0.222	+ 3.46	9.2
3.0	0.719	11.61	0.239	+ 4.58	7.0.

Verglichen mit Edinburgh beträgt hiernach die Verspätung der Epochen der Maxima und Minima gegen Luft:

	Maxima		Minima	
in 1 m Tiefe	Potsd. 0.125	Edinb. 0.064	Potsd. 0.136	Edinb. 0.088,
„ 2 „ „	„ 0.205	„ 0.108	„ 0.214	„ 0.159,

d. h. im Durchschnitt erreichen die Temperaturextreme die gleiche Tiefe in Potsdam 24 Tage später, als in Edinburgh.

## IX. Vorschläge zur Construction des Horizontalpendels.

Für die Construction des von mir zuletzt benutzten, in dieser Abhandlung beschriebenen Horizontalpendels standen seiner Zeit nur die geringen Erfahrungen zu Gebote, welche mit dem ersten provisorischen Instrumente in Karlsruhe gewonnen wurden. An geeigneter Stelle habe ich bereits auf gewisse Aenderungen hingewiesen, welche nach den weiteren Erfahrungen sich als wünschenswerth erweisen und vorzugsweise die Form und das Material des Pendels, die Beleuchtung und die Registrirung der Temperatur betreffen.

Den genannten Vorschlägen möchte ich einige weitere hinzufügen, durch deren Berücksichtigung die Construction des Apparates zum Theil vereinfacht, zum Theil verbessert werden kann.

1) Ein schweres, weit ausgreifendes Stativ, wie es hier angewandt wurde, bietet zwar den Vortheil einer grossen Stabilität und bequemen Regulirbarkeit der Neigung, besitzt aber den Nachtheil, dass es einen besonderen Pfeiler zur Aufstellung erfordert, besonders wenn gleichzeitig in zwei verschiedenen Verticalkreisen beobachtet werden soll. In manchen Fällen aber wird es erwünscht sein, das Horizontalpendel mit bereits vorhandenen grösseren Pfeilern in Verbindung zu bringen, wozu es vortheilhaft ist, Masse und Dimensionen des Apparates möglichst klein zu wählen. Bei dem geringen Gewicht des Pendels wird man dies unbeschadet der Stabilität durch Beseitigung der seitlichen Fussschrauben und Anbringung einer Correctionsvorrichtung an dem unteren Lager erreichen können. Um hierbei dieselbe Sicherheit der Einstellung, wie mittelst der Fussschrauben zu erreichen, müssen um so feinere Schrauben angewandt werden, je kleiner der Abstand des oberen Lagers vom unteren ist. Bei dieser Einrichtung wird es bei angemessener Construction auch möglich sein, den auf Seite 18 erwähnten Temperaturcoefficienten auf ein Minimum zu reduciren. Auch die dritte Fussschraube, welche zur Erhöhung der Empfindlichkeit des Pendels dient, dürfte sich in ähnlicher Weise durch eine entsprechende Correctionsvorrichtung am anderen Lager ersetzen lassen. Der zur Regulirung der Empfindlichkeit bestimmte Schraubenkopf sollte mit Theilung und Index versehen sein, um die auf Seite 21 zur Bestimmung der Schwingungsdauer bei horizontaler Axenlage vorgeschlagene Methode in Anwendung bringen zu können. Die hierfür bisher benutzten Hilftheile werden dadurch entbehrlich.

2) Die Combination zweier Apparate in zwei zu einander senkrechten Verticalkreisen, welche von um so grösserem Interesse ist, als es sich gezeigt hat, dass die wahre tägliche Oscillation der Lothrichtung in einer zur Ebene des Meridians schiefen Richtung erfolgt, wird sich, wenn die unter 1 vorgeschlagene Aenderung sich practisch bewährt, in sehr bequemer Weise innerhalb eines kleinen Raumes ausführen lassen.

Wir denken uns dazu auf einer Unterlage zwei Pendel montirt, welche unter einander einen rechten Winkel bilden und mit den Achsenenden dem Scheitel zugekehrt sind. Das Licht tritt von Aussen durch eine Linse in



der Richtung der Halbierungslinie des Winkels in den Apparat ein, wird in der Gegend des Scheitelpunktes durch zwei von einander unabhängige vertical stehende Planspiegel in der Richtung der Schenkel zurückgeworfen und gelangt nach der Reflexion an den ebenfalls planen Pendelspiegeln auf demselben Wege wieder nach Aussen. Lampe und Walze sind daher nebeneinander aufzustellen. Versieht man die beiden von den Pendeln unabhängigen Spiegel, welche ich Correctionsspiegel nenne, mit Drehung um je eine verticale und horizontale Achse, wie sie bisher der feste Spiegel hatte, — wobei es sich empfehlen dürfte, die erstgenannte Correction so einzurichten, dass sie von der Walze her erfolgen kann —, so bedarf es nunmehr nach einmaliger Justirung des Apparates, vorausgesetzt, dass nicht durch fortschreitende Aenderungen allmählich eines der Pendel zu weit aus der mittleren Lage entfernt wird, gar keiner weiteren Correctionen, als der Drehung jener Correctionsspiegel, um auch bei langen Beobachtungsreihen den Lichtpunkt immer auf der Mitte der Walze zu halten. Die hierdurch zu erzielende Verbesserung der Construction ist um so wichtiger, als sie eine nahezu vollkommene Isolirung des Pendels gestattet, und es bisher hauptsächlich die unerwarteten starken Bewegungen waren, welche bei seitlicher Lage des Lichtpunktes leicht Unterbrechungen der Curven zur Folge hatten.

Andererseits lässt sich durch Gegenüberstellung zweier Pendel in der sogleich anzugebenden Weise eine viermal grössere Genauigkeit der Registrierung bei sonst gleicher Empfindlichkeit erzielen, als durch ein einfaches Pendel. Fig. 10 zeigt diese Anordnung. Ein zur Seite befindlicher Spalt  $S$  beleuchtet die beiden Spiegel  $s_1$  und  $s_2$ , welche mit den Längsaxen ihrer Pendel  $p_1$  und  $p_2$  Winkel von  $45^\circ$  und unter einander einen solchen von  $90^\circ$  bilden. Es entstehen sonach durch doppelte Reflexion und zweimalige Brechung in der vor den Spiegeln angebrachten Linse  $L$  zwei Bilder  $B_1$  und  $B_2$ . Man erkennt leicht, dass der horizontale Abstand derselben (die Ordinatendifferenz der beiden Curven), als Maass für den Winkel zwischen den betreffenden Strahlenbündeln betrachtet, wenn der Winkel zwischen den beiden Spiegelflächen sich um eine gewisse Grösse ändert, eine Aenderung von dem vierfachen Betrage erfährt. In Folge der Lothstörungen nun bewegen sich beide Pendel nach derselben Seite, so dass der Winkel zwischen den Spiegeln sich um die doppelte Ablenkung ändert. Hieraus folgt, dass die Differenz der Ordinaten der durch die beiden beweglichen Lichtpunkte ver-

zeichneten Curven viermal so grosse Aenderungen erleidet, als die Ordinaten einer in der bisherigen Weise durch ein Pendel von gleicher Empfindlichkeit registrirten Curve. Man wird daher durch diese Combination die gleiche Empfindlichkeit bei einer bestimmten Schwingungsdauer erreichen, wie bei einem einfachen Pendel unter Anwendung der doppelten Schwingungsdauer. Es ist bereits darauf aufmerksam gemacht worden, dass selbst bei sorgfältigster Construction der Spitzen und Lager der Herstellung einer sehr grossen Schwingungsdauer gewisse Hindernisse im Wege stehen, so dass vielleicht, wo es auf grosse Empfindlichkeit ankommt, wie bei den Untersuchungen über den Einfluss des Mondes, das doppelte Pendel sich als nützlich bewähren wird. Hiervon abgesehen müssen bei Anwendung desselben zwei vollkommen gleichartige und in gleicher Höhe liegende Lichtpunkte entstehen, deren Abstand mit grosser Schärfe zu messen sein wird, während bisher die nicht ganz zu beseitigende Verschiedenheit in der Schärfe des festen und beweglichen Lichtpunktes, sowie der stets vorhandene geringe Höhenunterschied zwischen beiden die Genauigkeit der Ablesungen beeinträchtigte.

3) Da bei der Anwendung hoher Empfindlichkeit das Pendel oft so starke Bewegungen ausführt, dass wiederholte Correctionen des Lichtpunktes erfordert werden, um denselben auf der Walze zu halten, so ist es, wenn nicht die unter 2 vorgeschlagene Construction angewandt wird, vortheilhaft, der letzteren eine möglichst grosse Länge zu geben. Indem man die Einrichtung trifft, dass die Walze auf ihrer Axe um ein kleines Stück verschiebbar ist, kann man während zweier aufeinander folgender Umdrehungen auf demselben Bogen registriren. Gleichzeitig empfiehlt es sich, die Rotationsgeschwindigkeit der Walze zu erhöhen, wie dies z. B. neuerdings bei den magnetischen Registrirapparaten auf dem Potsdamer Observatorium geschehen ist ( $1^h = 20$  mm), um zugleich zu einer detaillirteren Darstellung der Störungen zu gelangen.

---

## Inhalt des LX. Bandes.

---

- I. Dr. **E. von Rebeur-Paschwitz**. Das Horizontalpendel und seine Anwendung zur Beobachtung der absoluten und relativen Richtungs-Aenderungen der Lothlinie . . S. 1—216. Taf. I—V.
- II. Dr. **Victor Schiffner**. Ueber exotische Hepaticae, hauptsächlich aus Java, Amboina und Brasilien, nebst einigen morphologischen und kritischen Bemerkungen über *Marchantia* . . . . . S. 217—316. Taf. VI—XIX.
- III. Dr. **Johannes Frenzel**. Mikrographie der Mitteldarmdrüse (Leber) der Mollusken. Zweiter Theil. Erste Hälfte. Specielle Morphologie des Drüsenepithels der Lamellibranchiaten, Prosobranchiaten und Opisthobranchiaten . . . . . S. 317—408. Taf. XX—XXIII.

# GUILIELMO II

REGNI GERMANICI IMPERATORI GLORIOSISSIMO

BORUSSORUM REGI AUGUSTISSIMO POTENTISSIMO

ACADEMIAE CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE GERMANICAE

NATURAE CURIOSORUM

PROTECTORI SUPREMO, AMPLISSIMO, CLEMENTISSIMO

HOC SEXAGESIMUM NOVORUM ACTORUM VOLUMEN

SACRUM ESSE DESPONSUMQUE

VOLUIT ACADEMIA

PRAESIDE

HERMANNO KNOBLAUCH.

# Verhandlungen

der

Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen  
Akademie der Naturforscher.

Sechzigster Band.

Mit 23 Tafeln.

---

Halle, 1894.

Druck von E. Blochmann und Sohn  
in Dresden.

Für die Akademie in Commission bei W. Engelmann in Leipzig.

# NOVA ACTA

ACADEMIAE

CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE GERMANICAE  
NATURAE CURIOSORUM.

---

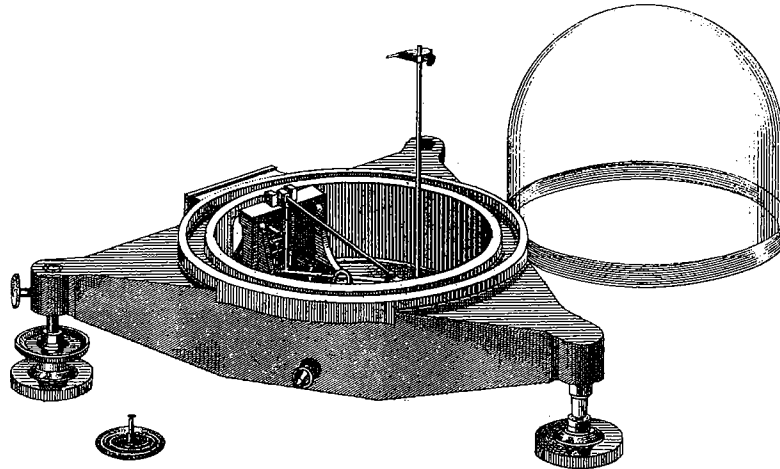
**TOMUS SEXAGESIMUS.**

CUM TABULIS XXIII.

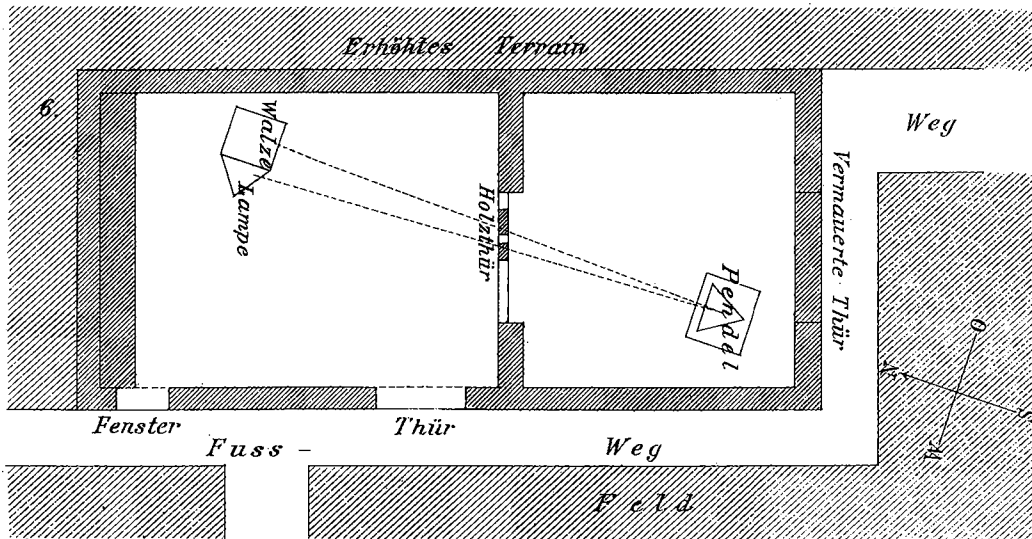
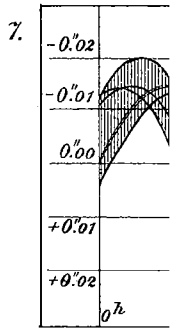
---

**HALIS SAXONUM, MDCCCXCIV.**

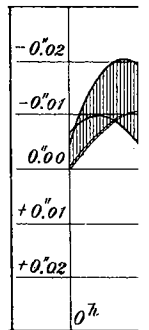
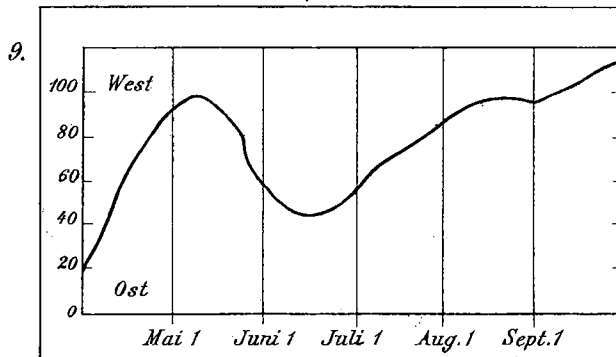
Ex officina E. Blochmanni et Filii  
Dresdae.



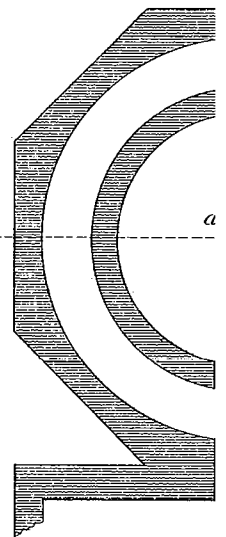
Horizontal-Pendel.



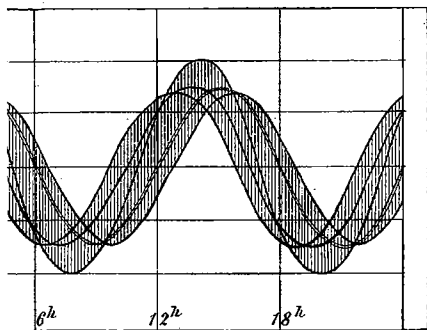
Potsdam: Reducirte Nullpunkts-Curve.  
1889 April - October



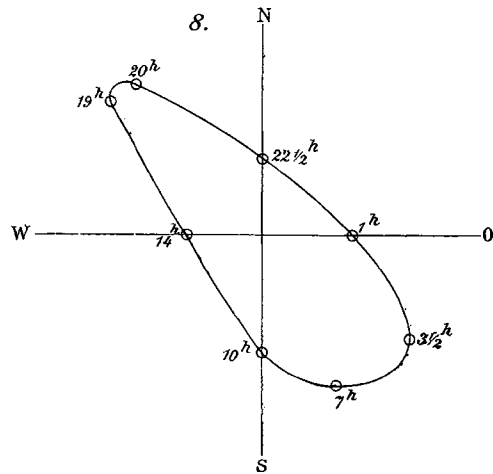
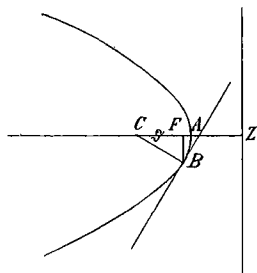
3.



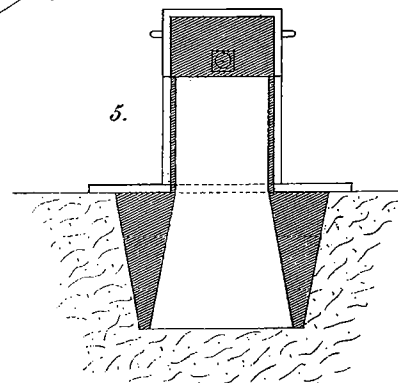
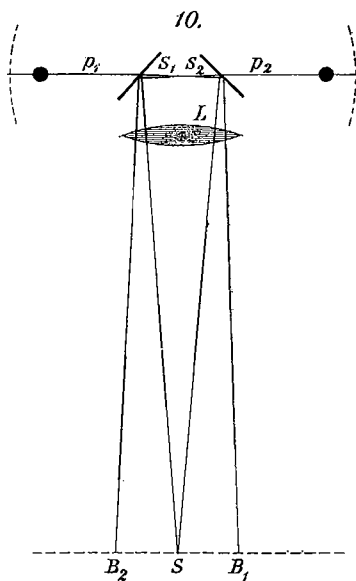
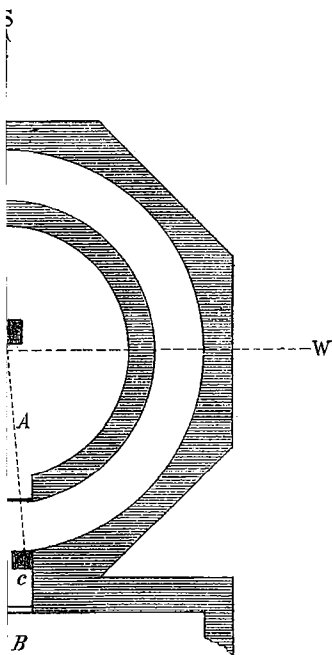
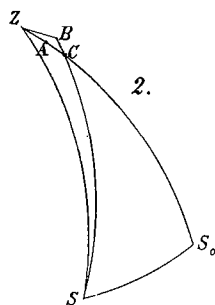
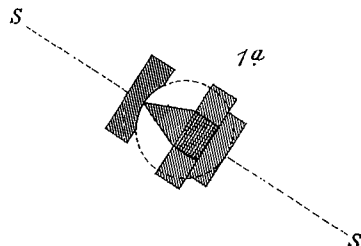
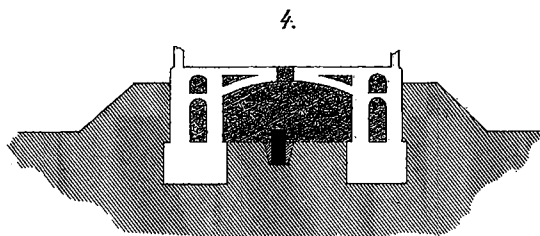
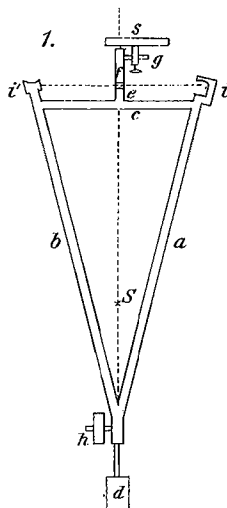
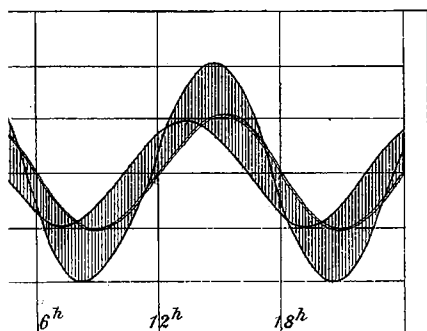
Teneriffa.



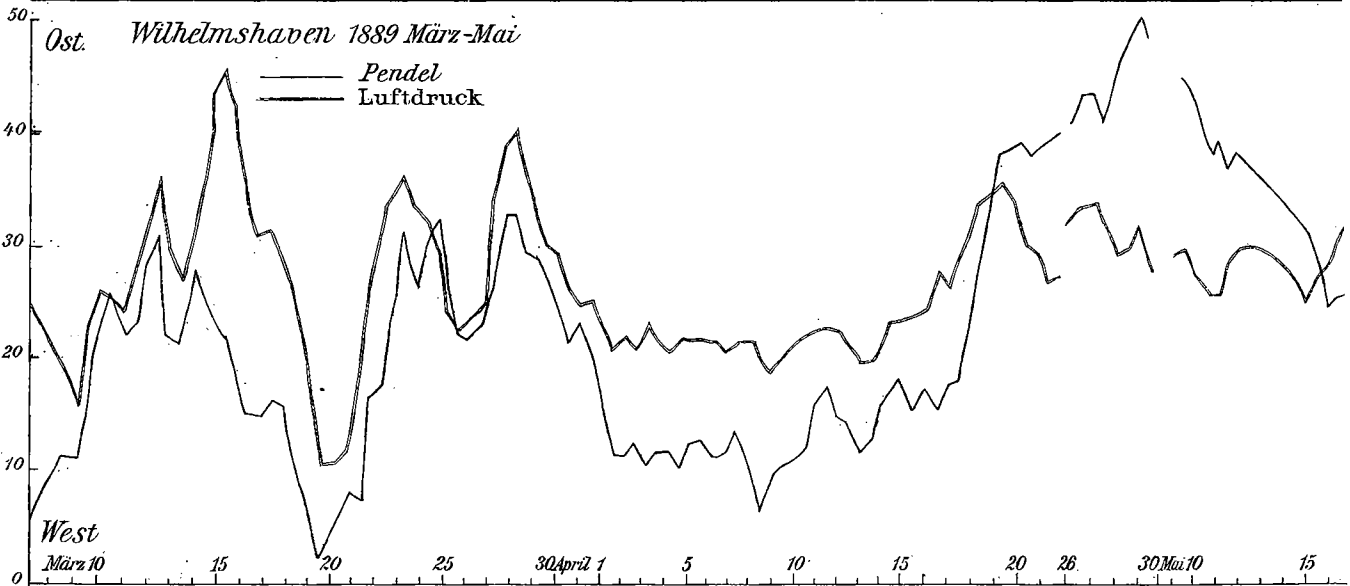
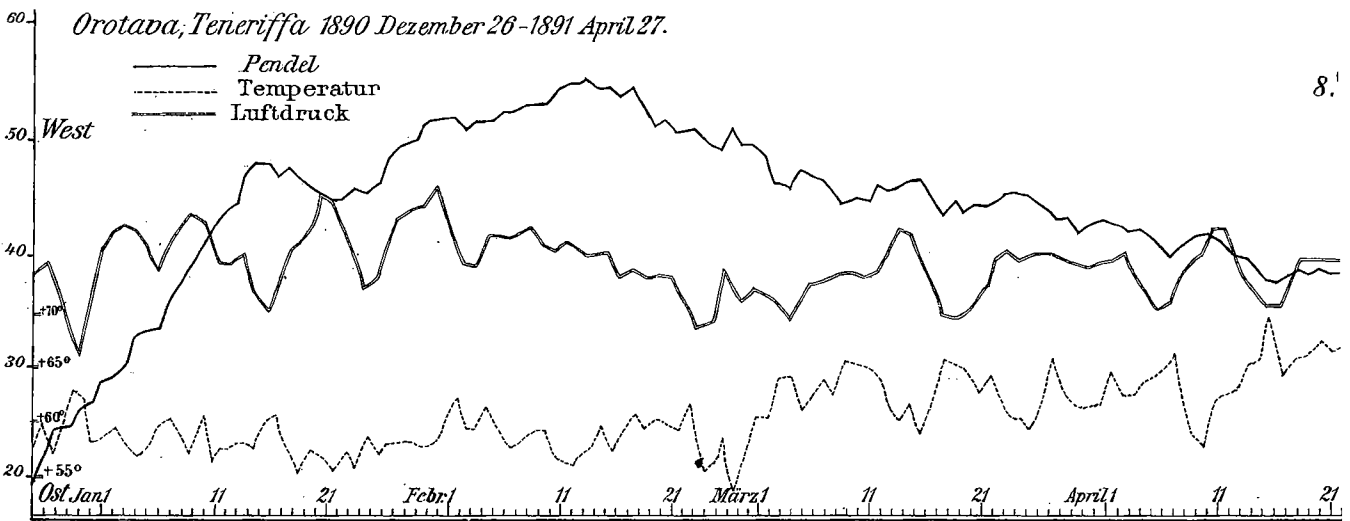
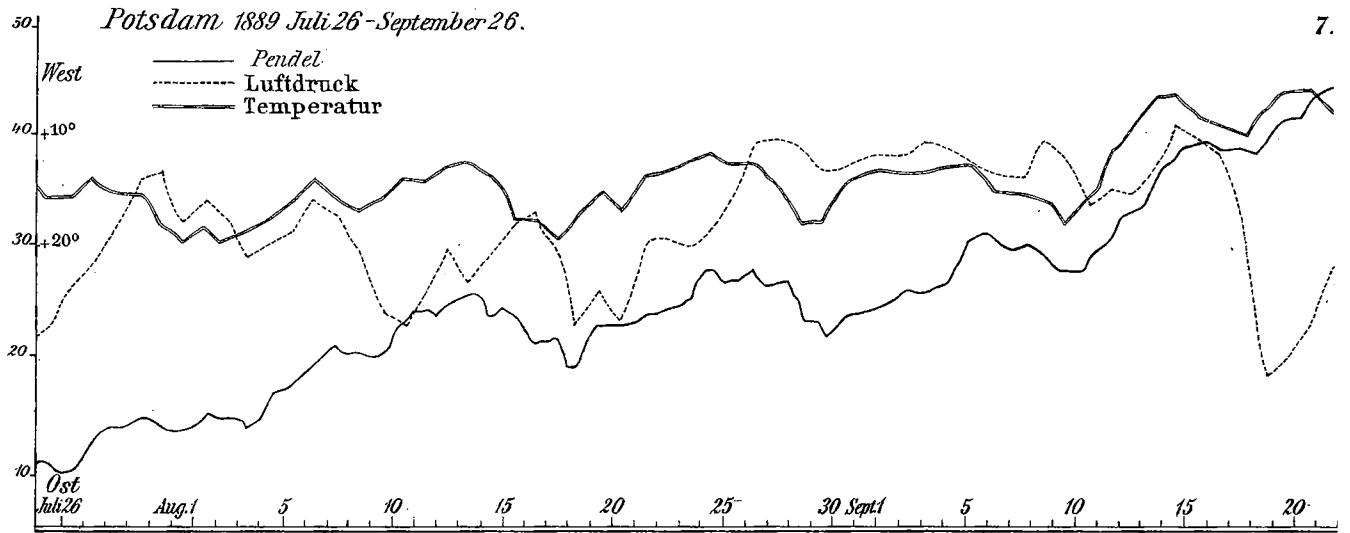
2a

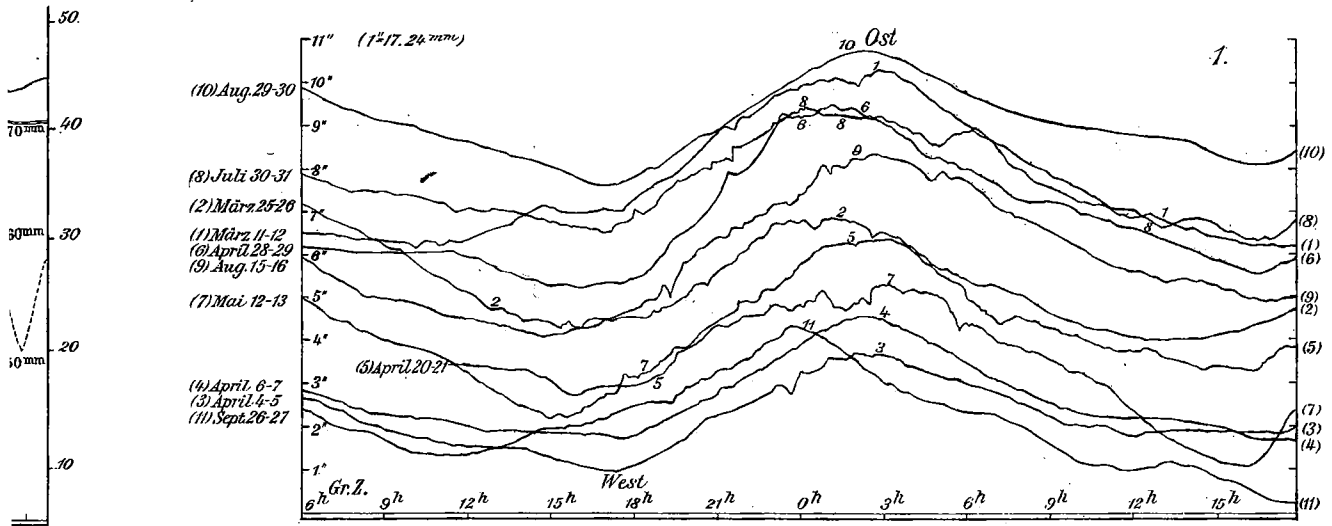


Potsdam.

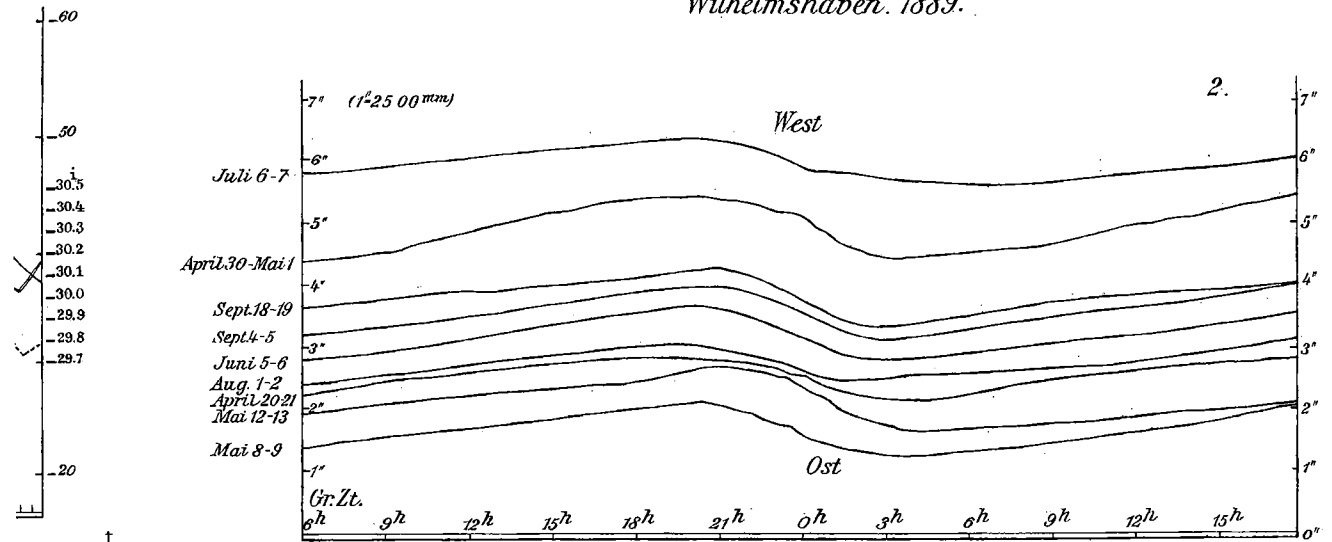




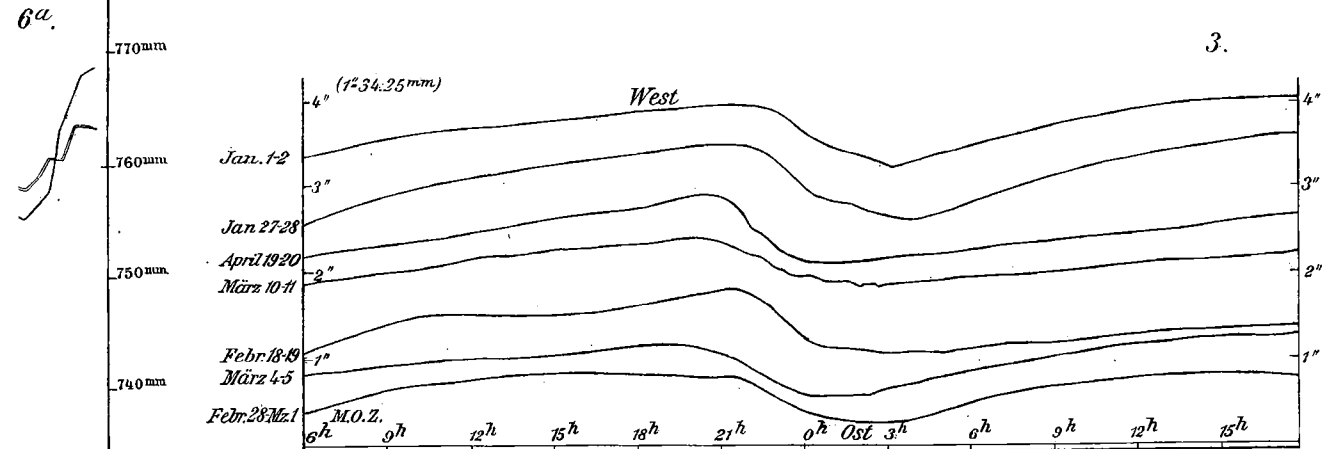




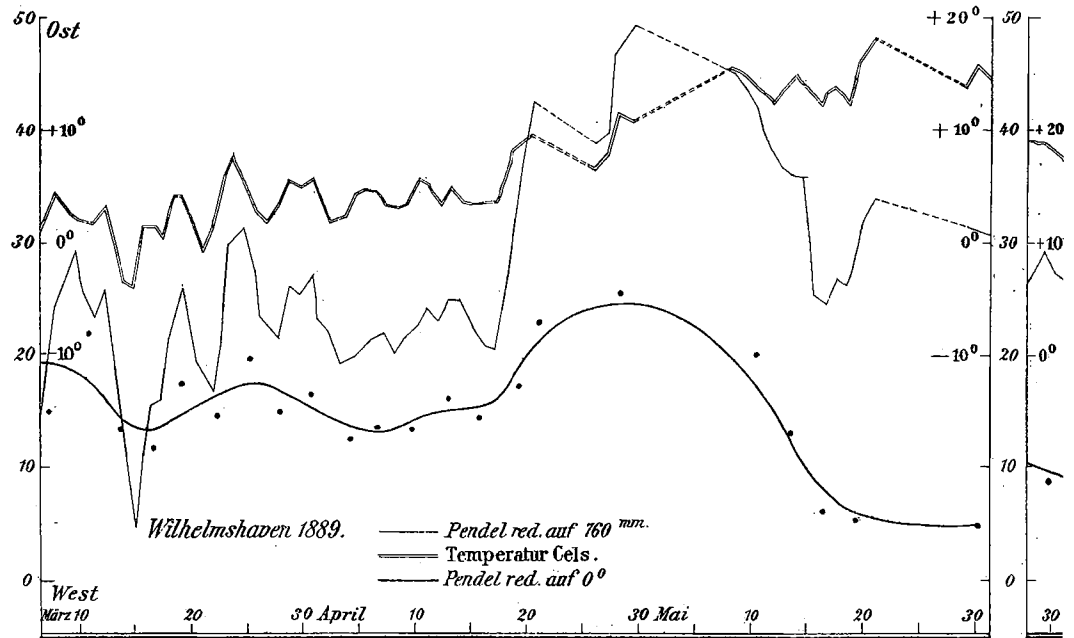
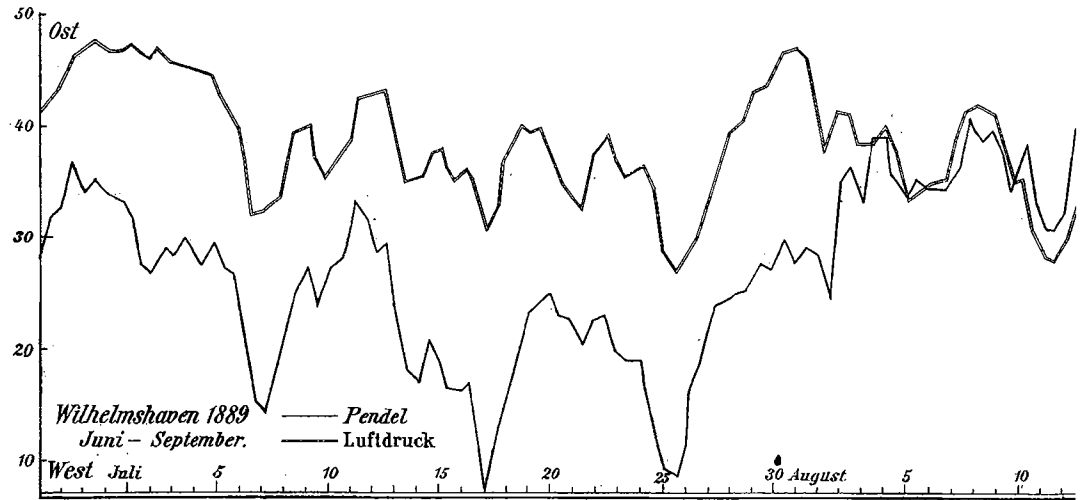
Wilhelmshaven. 1889.

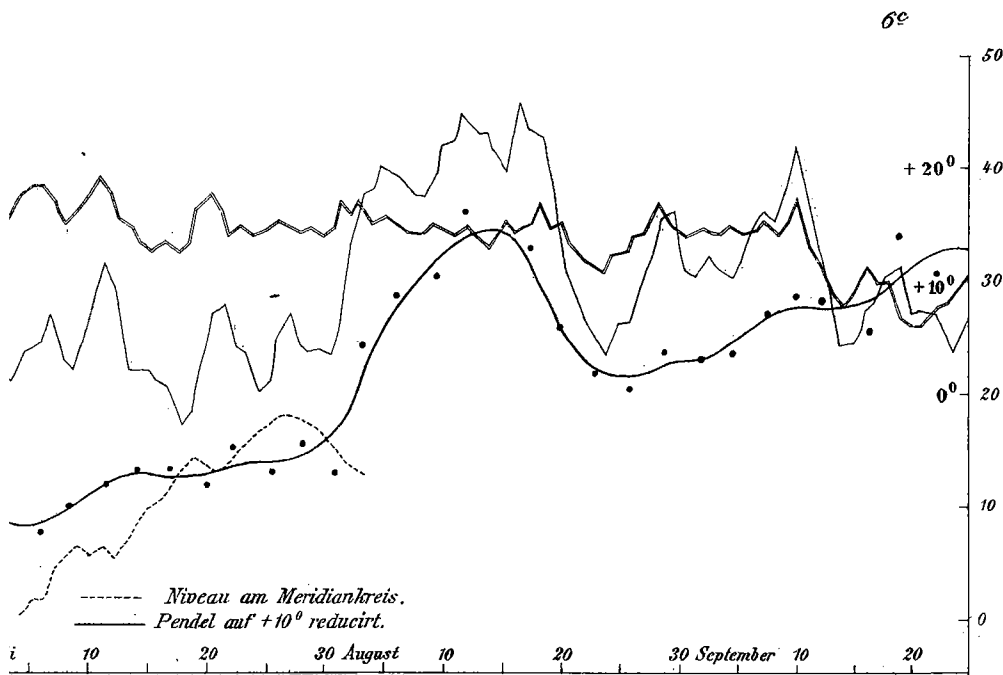
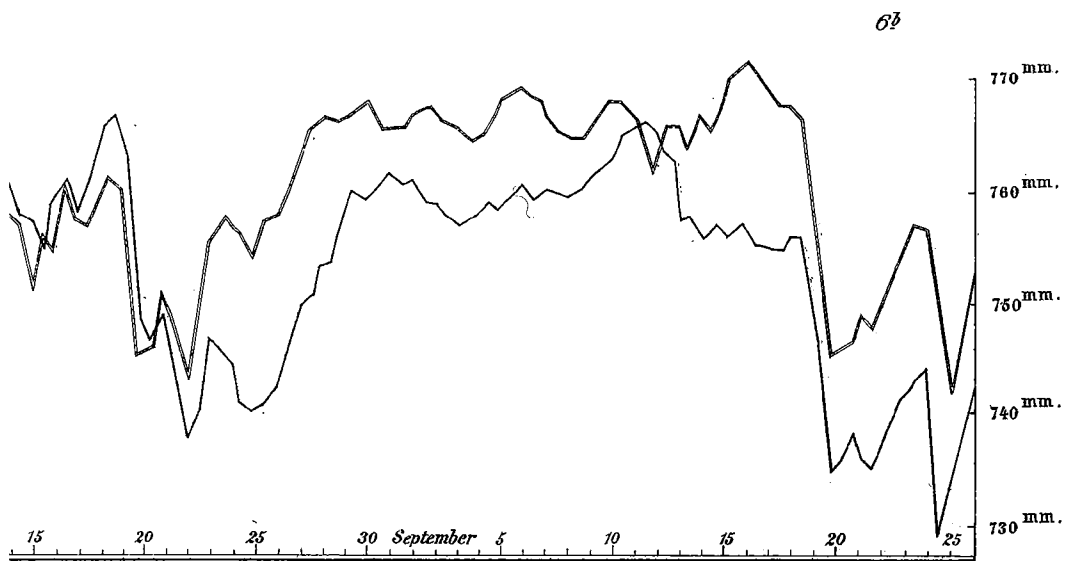


Potsdam. 1889.



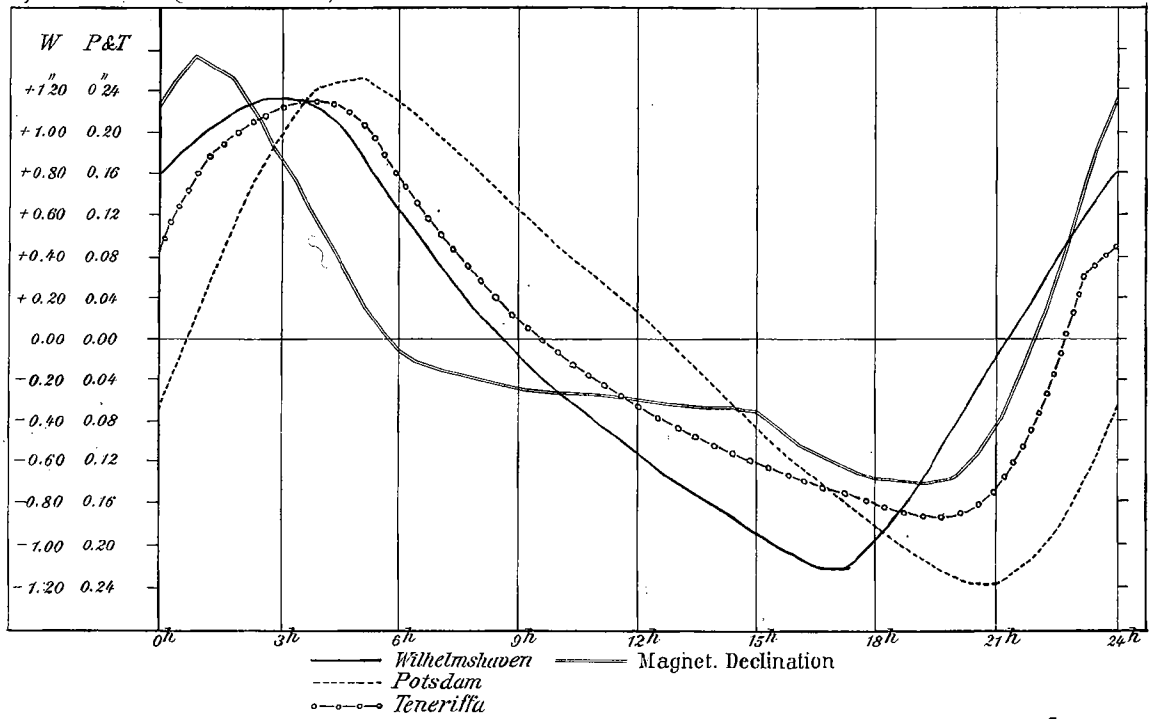
Puerto Orotava. 1891.



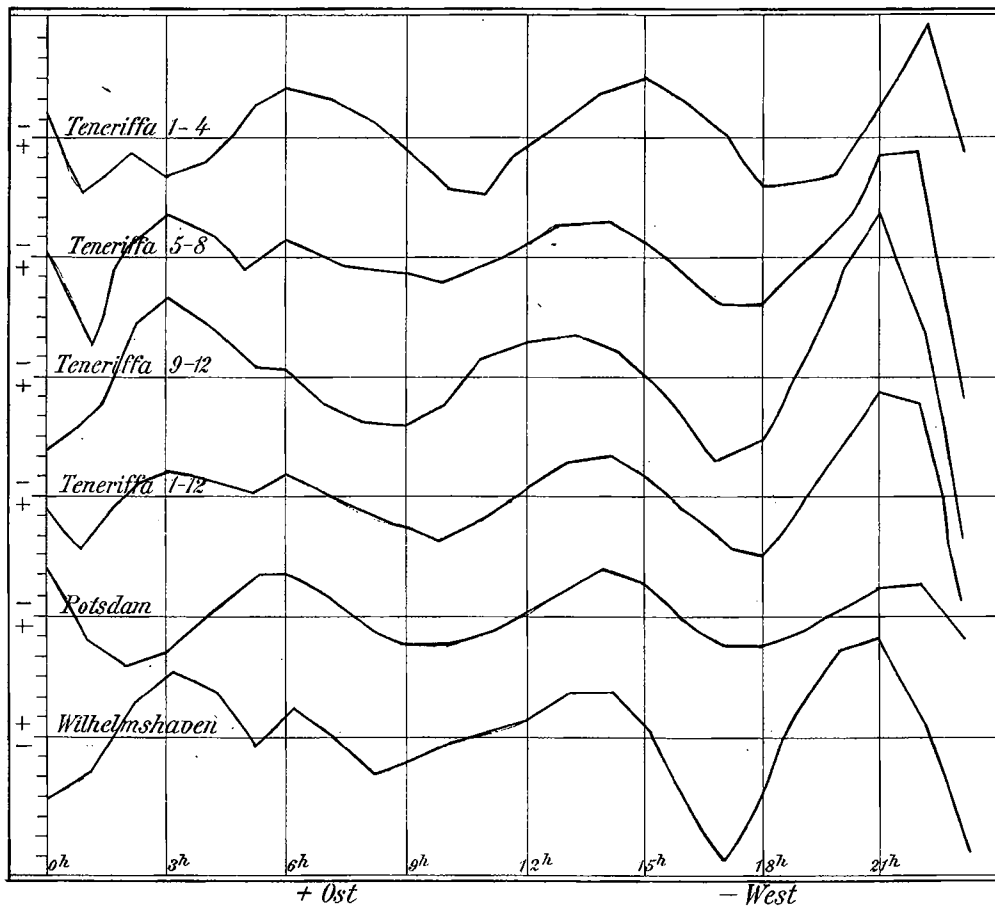


Curven der täglichen Periode.

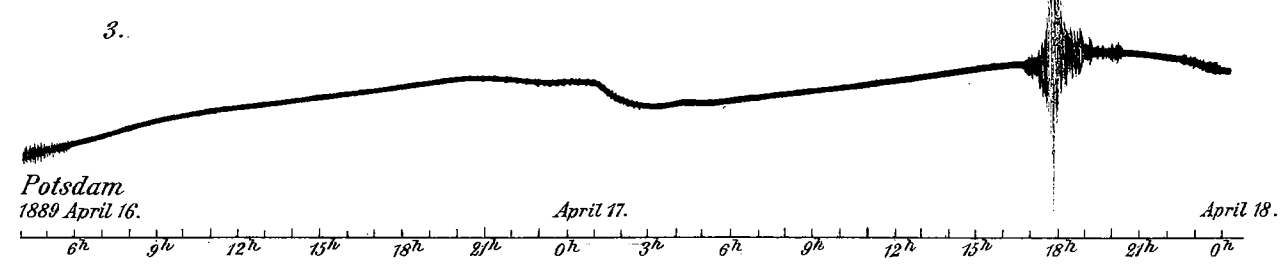
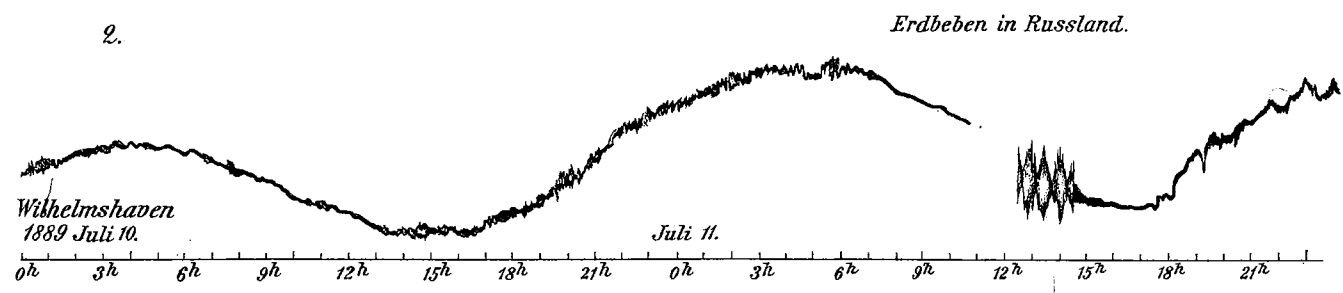
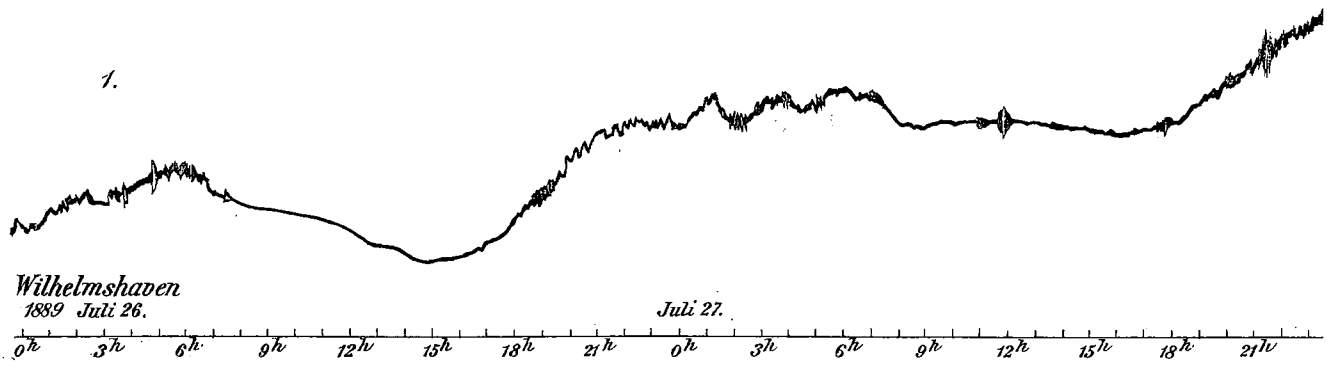
4.



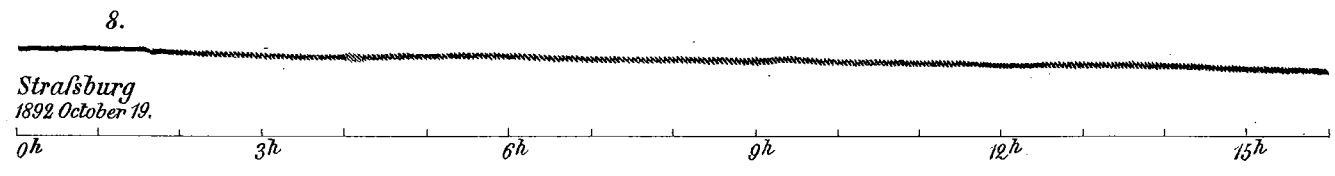
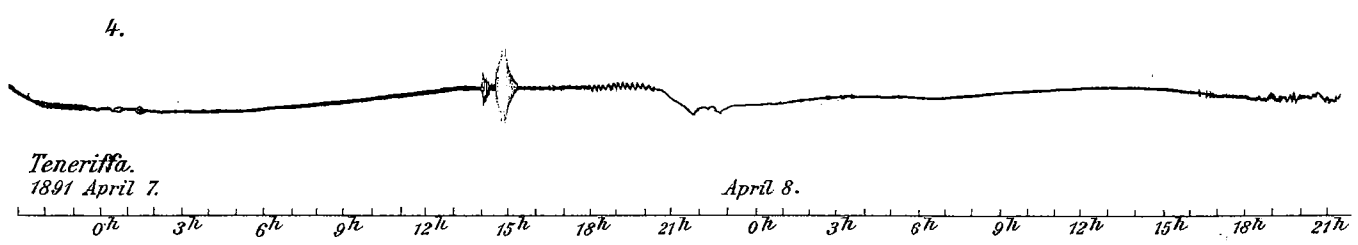
5.



Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig.



Wil  
188  
0h



F  
1888  
0h

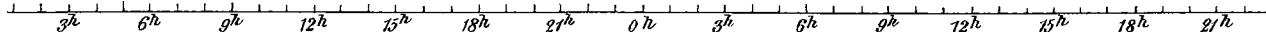
5.



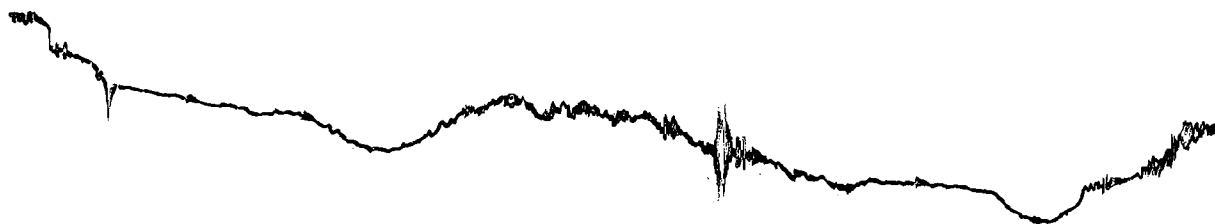
Amsterdam  
9 April 8.

April 9.

April 10.

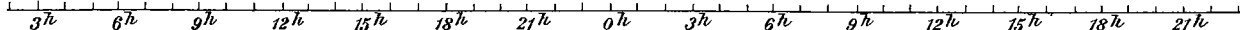


6.

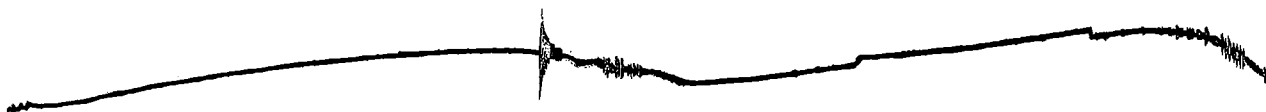


Amshaven  
Sept. 12.

Sept. 13.



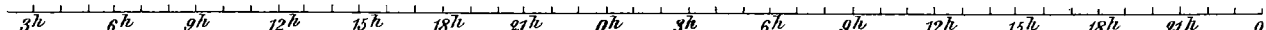
7.

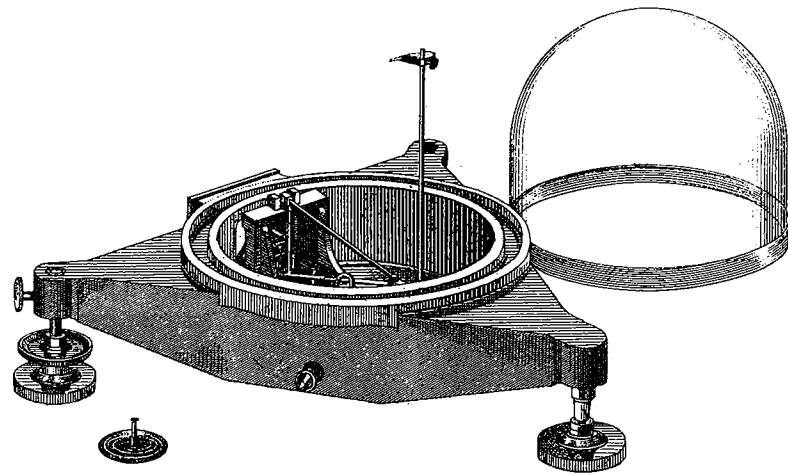


Amsterdam  
April 28.

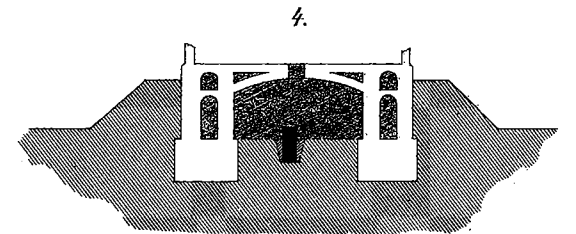
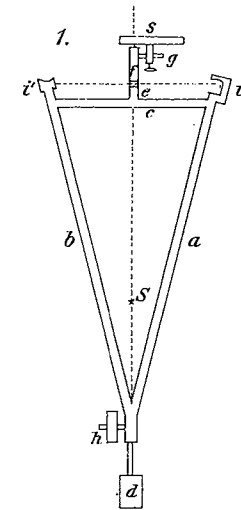
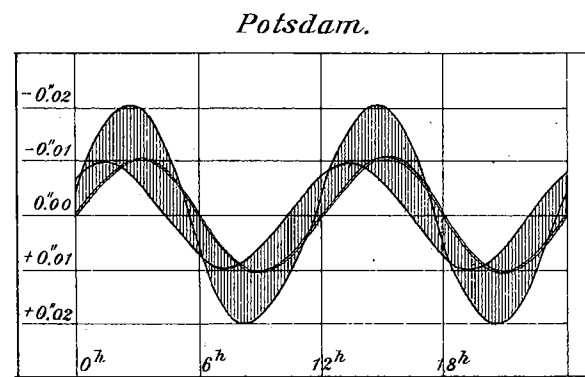
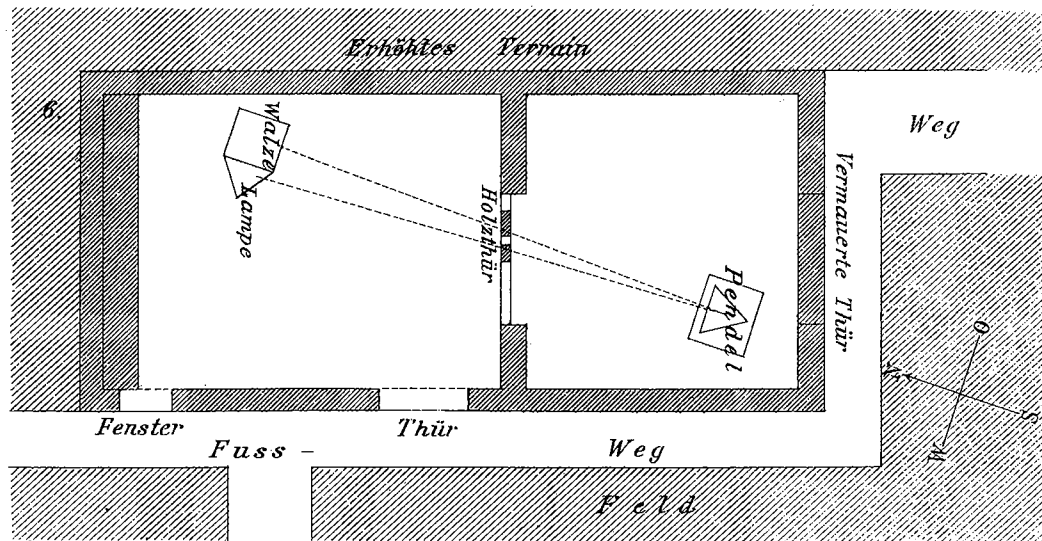
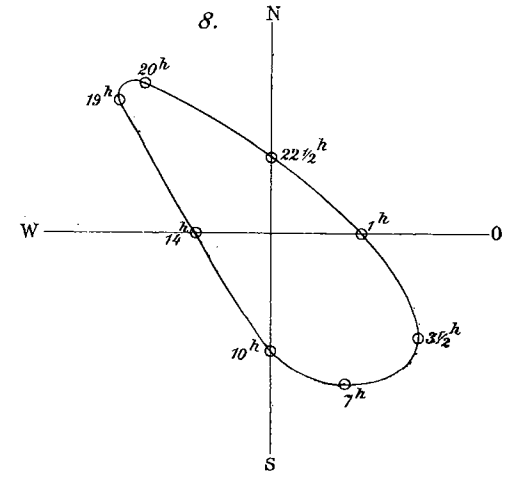
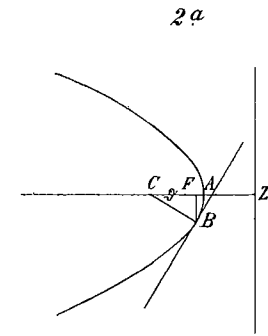
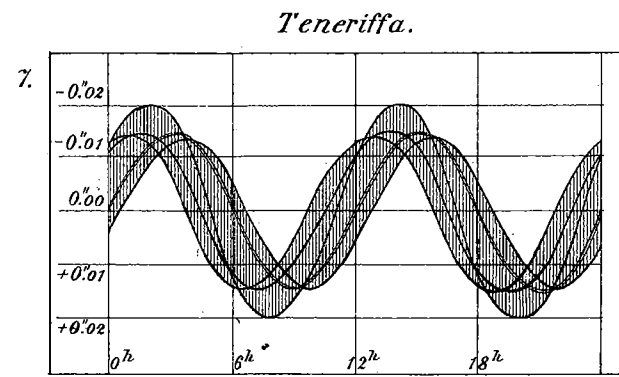
April 29.

April 30.

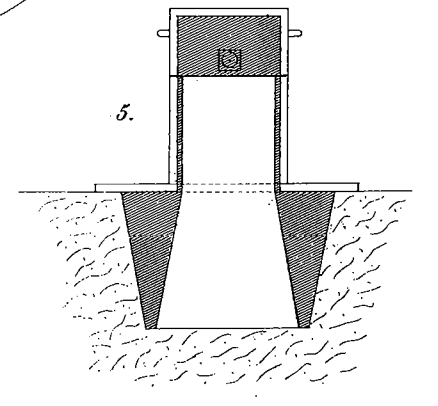
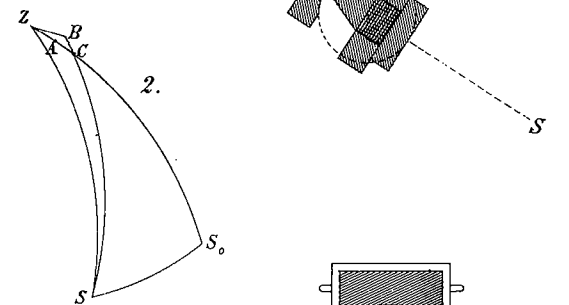
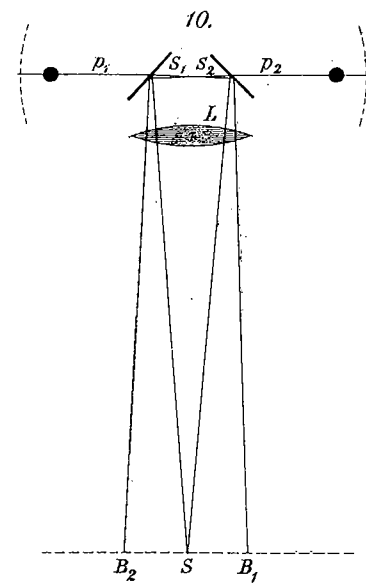
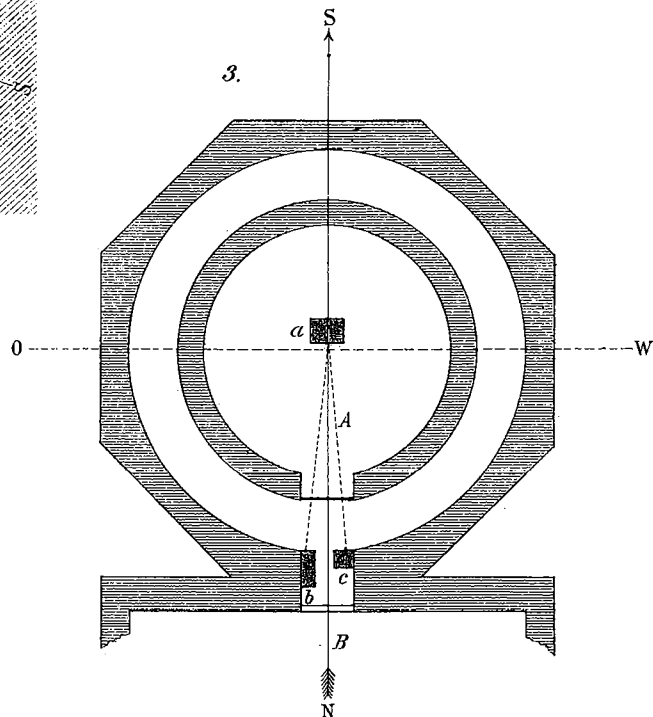
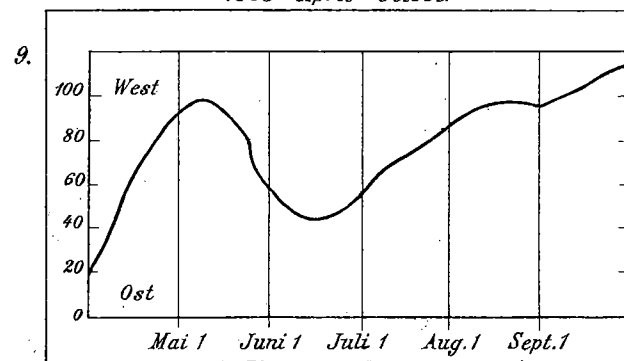




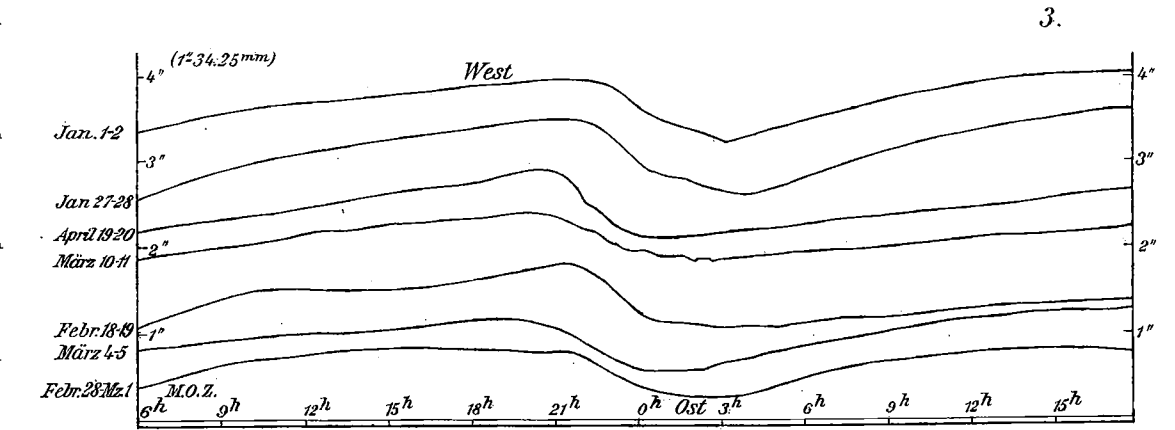
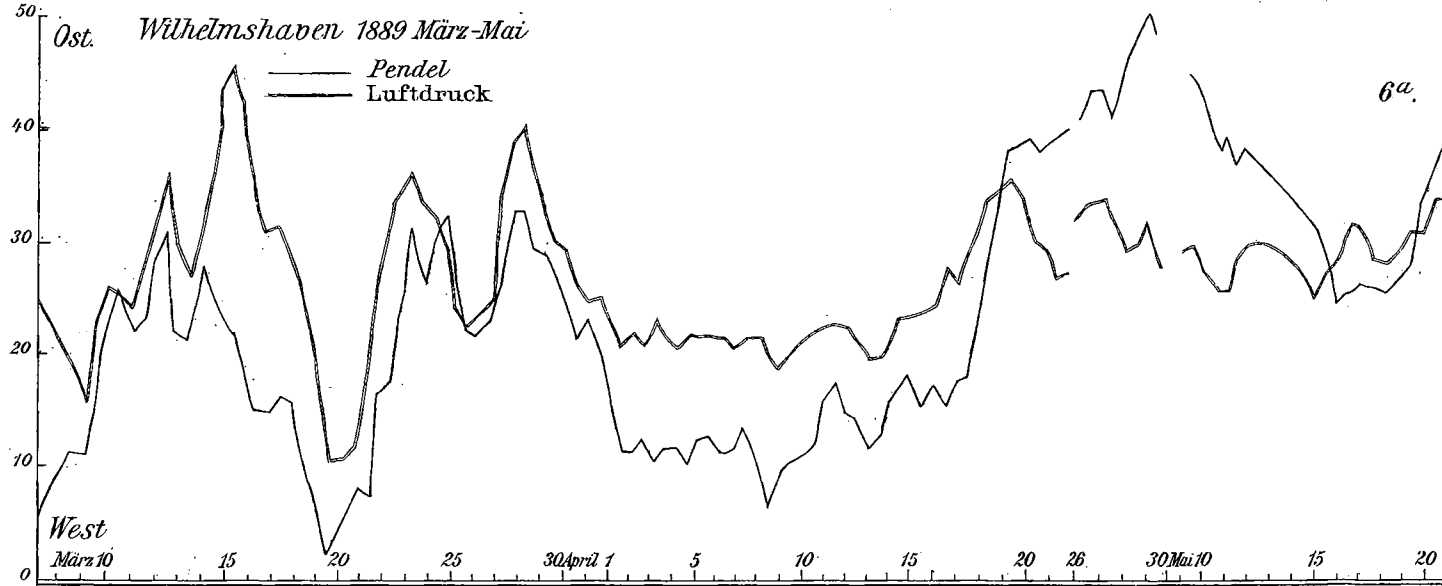
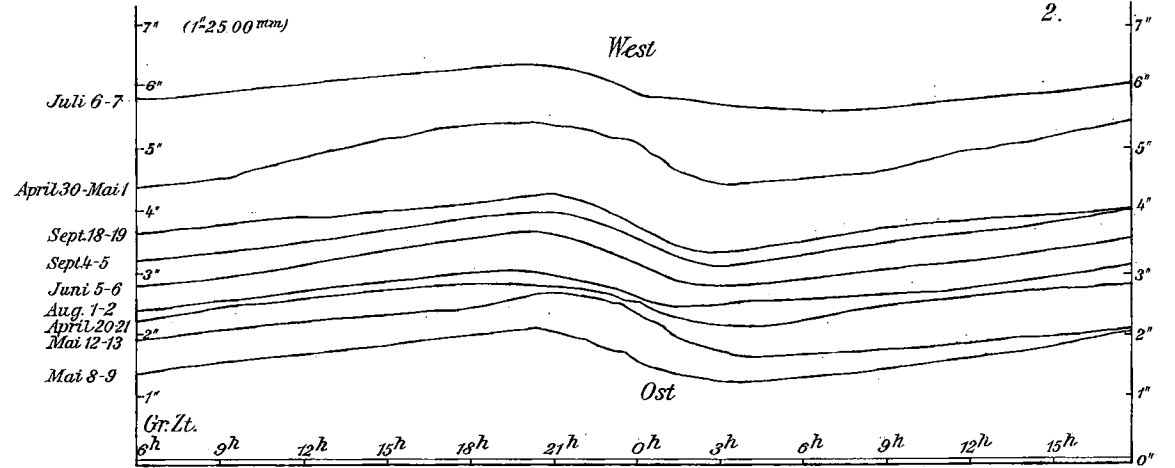
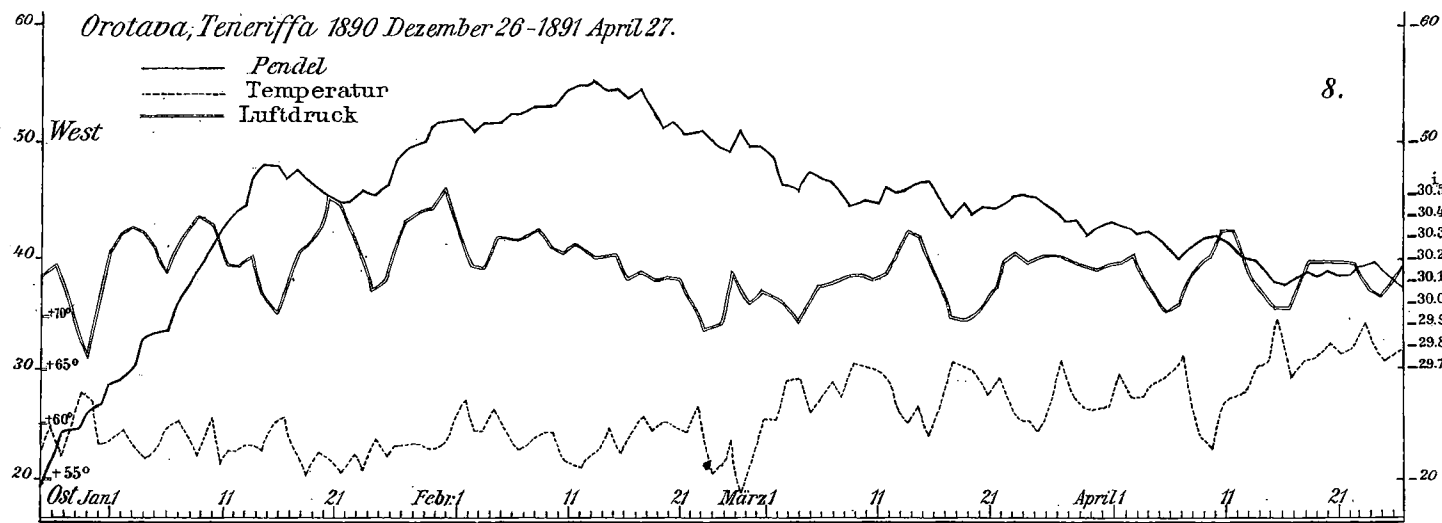
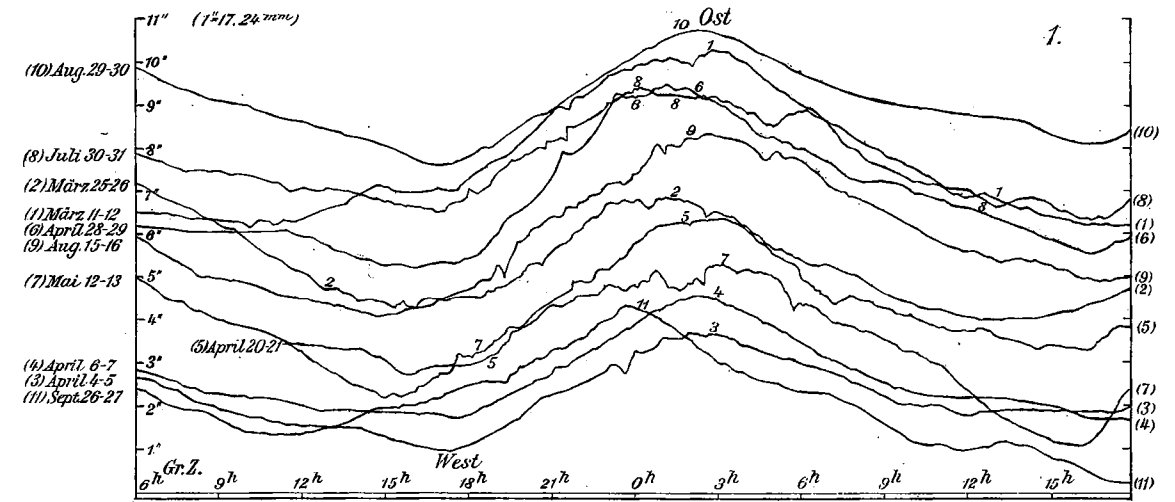
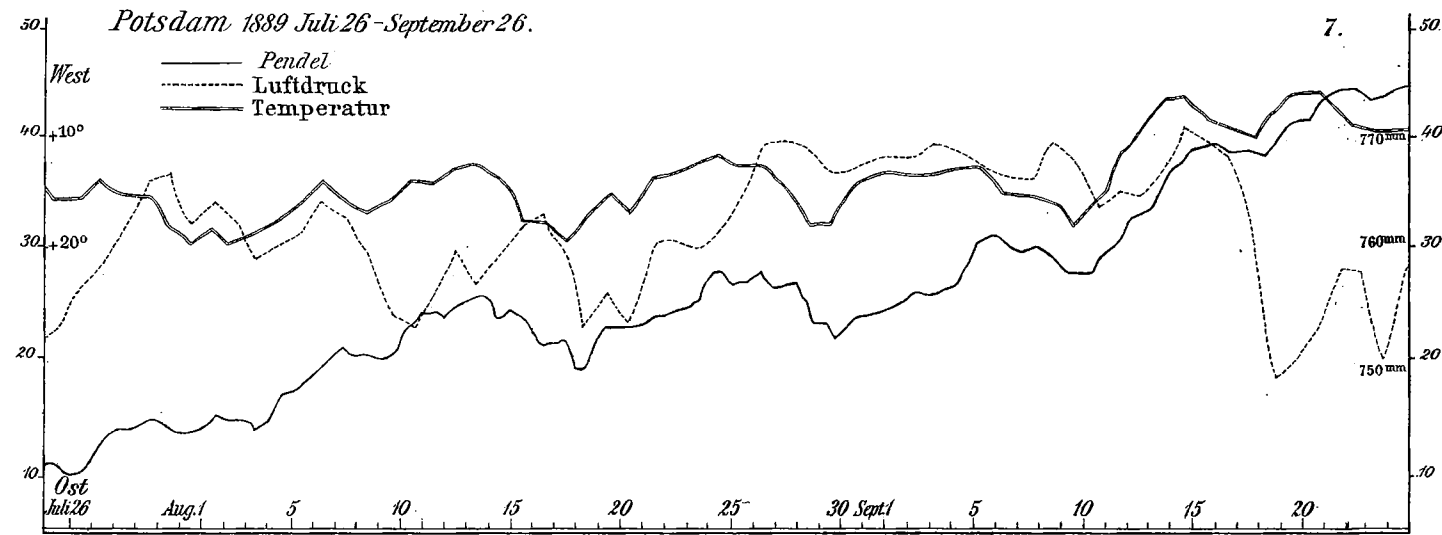
Horizontal-Pendel.

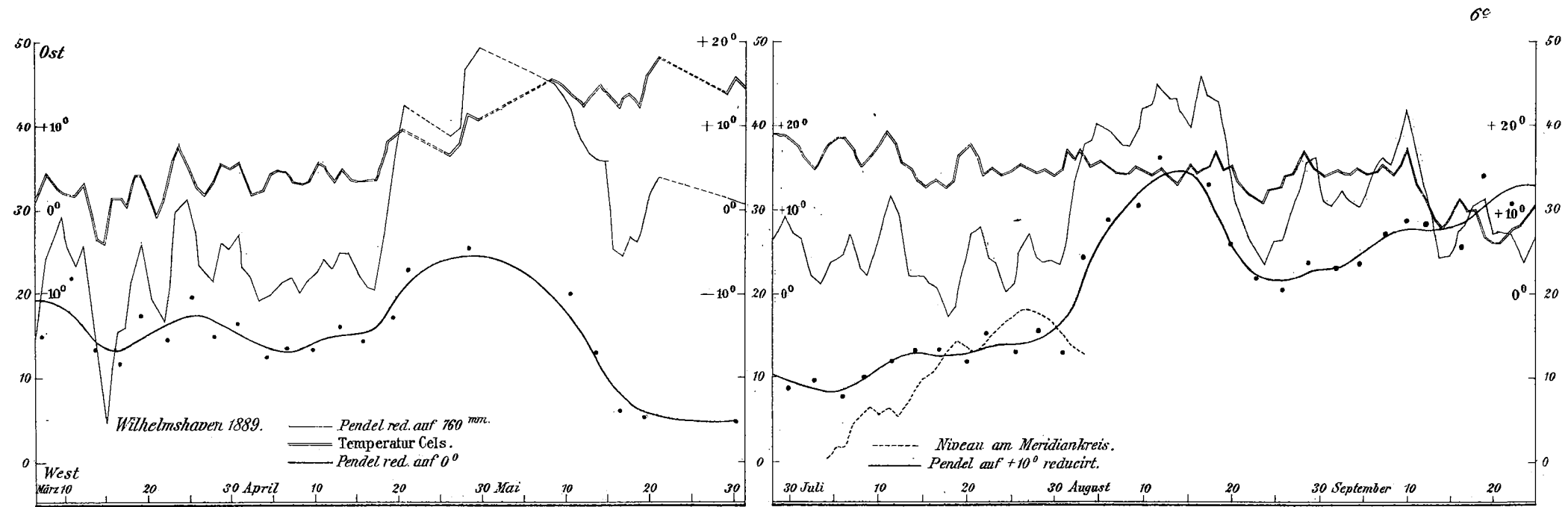
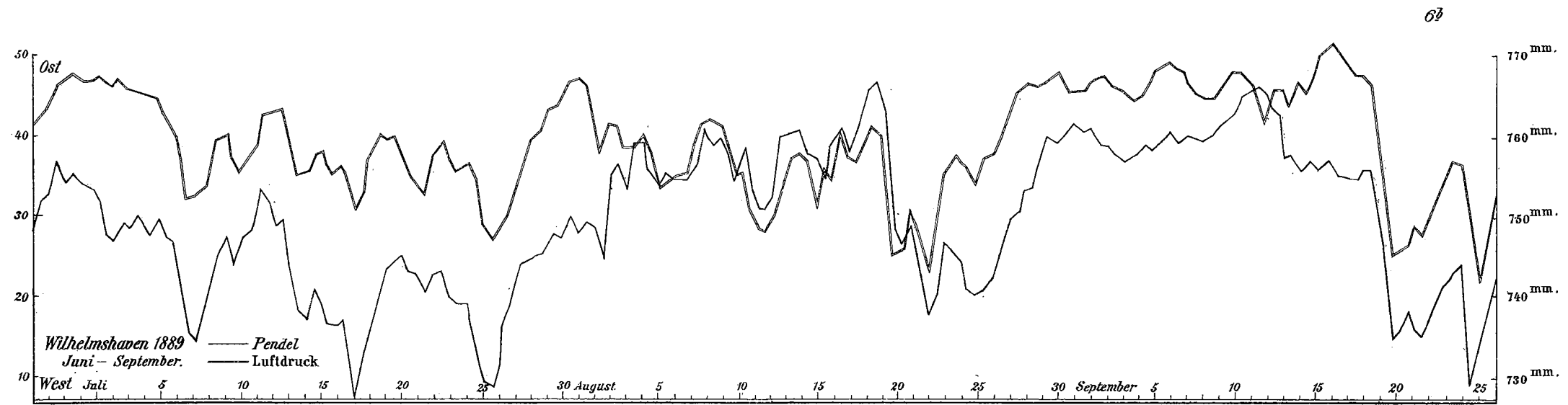


Potsdam: Reducirte Nullpunkts-Curve. 1889 April - October



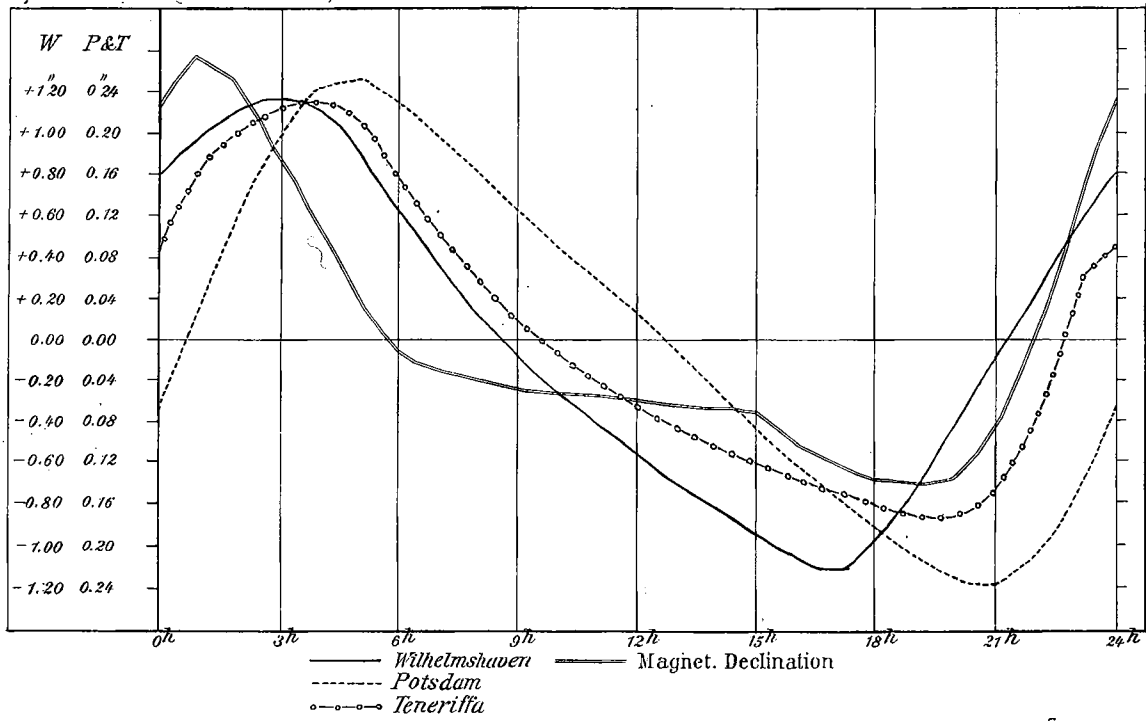






Curven der täglichen Periode.

4.



5.

