

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Festschrift zur Goldenen Hochzeit Ihrer Königlichen Hoheiten des Grossherzogs und der Grossherzogin

Friedrich <I., Baden, Großherzog>

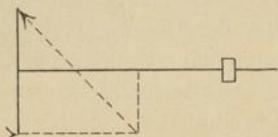
Karlsruhe, 1906

3. Die Instrumente

[urn:nbn:de:bsz:31-334108](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-334108)

3. Die Instrumente.

Die instrumentelle Ausrüstung ist auf beiden Stationen die gleiche und wurde im wesentlichen von R. Fechner, dem Mechaniker des Königl. Geodätischen Instituts in Potsdam, geliefert. Der Pendelapparat (Taf. 3, 4 u. 5) besteht aus zwei gleichen Horizontalpendeln, von denen das eine im Meridian, das andere in Ost-West steht. Die Pendel sind aus Messing 25 cm lang, sie schwingen um ihre nahezu vertikal stehende 12 cm lange Drehaxe und besitzen die Konstruktion nach Professor Hecker, d. h. von den Stahlspitzen, welche die Auflagerung der Drehaxe bilden, ist die

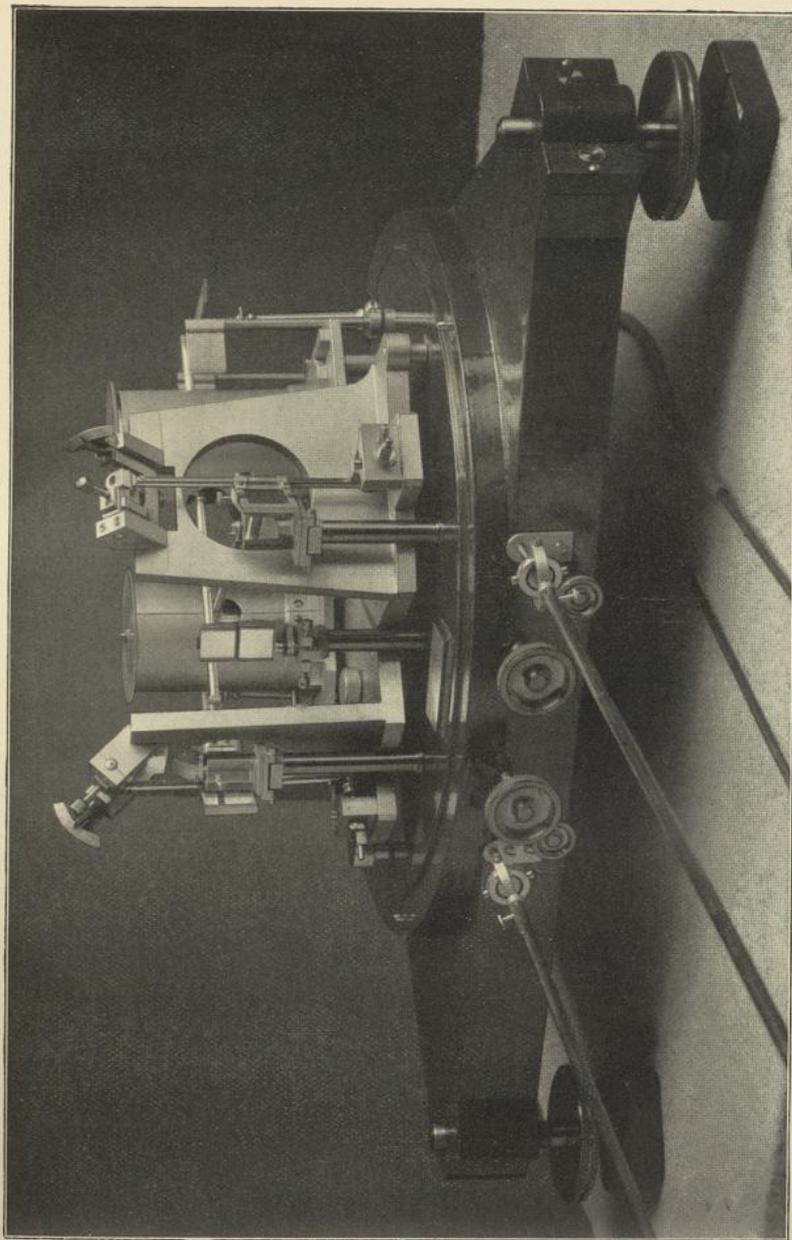


Richtung der schräg gestellten oberen Spitze von der Lage des Pendelschwerpunkts abhängig, während die untere Spitze horizontal steht. (Siehe nebenstehende Figur.) Die Auflagerreaktionen sind dann immer senkrecht

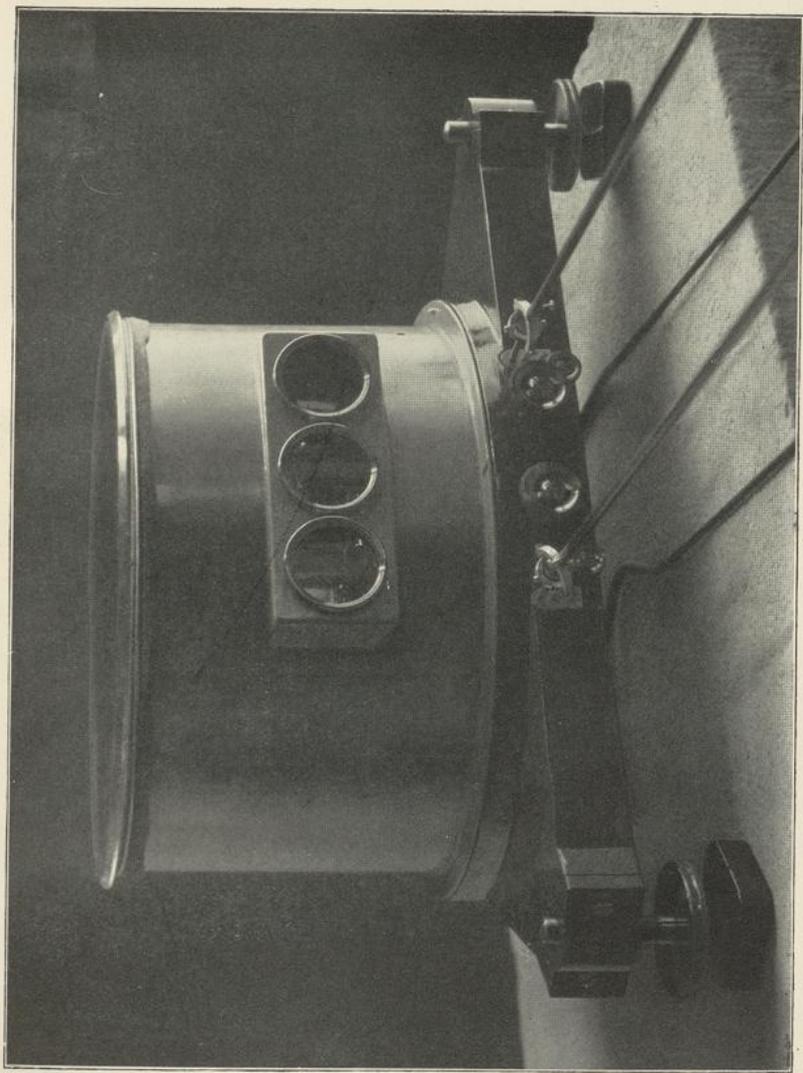
zu den aus Saphirflächen bestehenden Auflagern der Drehaxe. Durch möglichste Beseitigung der Reibung wird hierdurch ein besseres Funktionieren der Horizontalpendel erzielt.* Die Pendel sind am Ende der Pendelstange mit einem zylindrischen Pendelgewicht beschwert, das längs der Pendelstange verschoben werden kann und durch eine federnde Hülse in seiner Stellung festgehalten wird. Die Pendel können auch mit Dämpfung gebraucht werden. Nach Abnahme des Pendelgewichts wird zu diesem Zweck eine beim Gebrauch vertikal stehende 8 cm hohe doppelwandige Dämpfungsröhre auf die Stange soweit aufgeschoben, bis die an der Röhre angefeilte Nase in die Kerbvertiefung des an der Pendelstange festgeklemmten Anschlagrings gebracht ist. Durch ein auf die Pendelstange nahe der Drehaxe anzubringendes Gegengewicht bleibt die Lage des Pendelschwerpunktes auch bei Gebrauch der Dämpfung ungeändert. Die Dämpfungsröhre ist im Innern durch eine wagrecht eingezogene Lamelle in zwei gleiche Räume geteilt. Von außen wird die Röhre durch einen auf dem Pendelstuhl stehenden Mantel um-

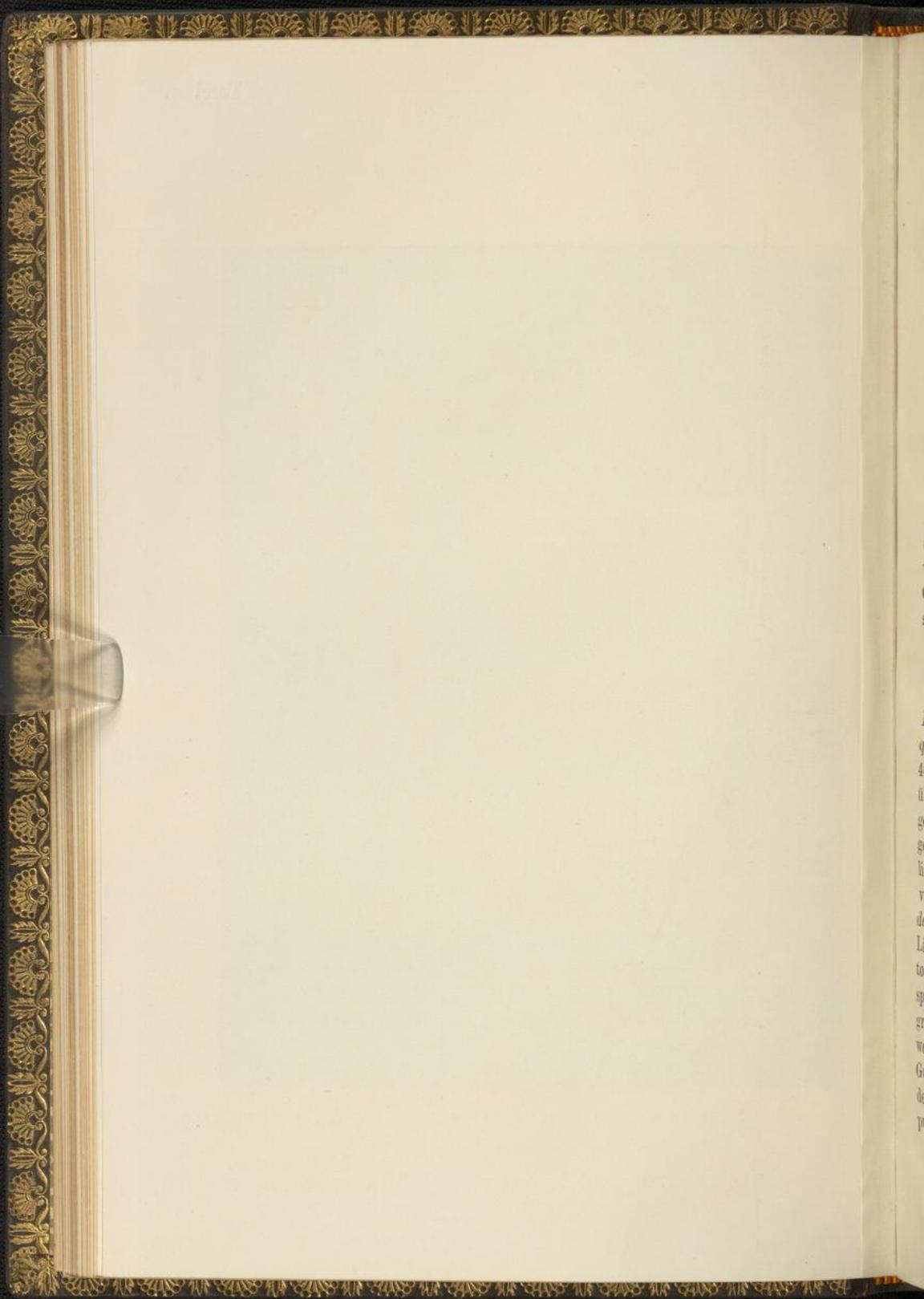
* Hecker, Untersuchung von Horizontalpendel-Apparaten, Zeitschrift für Instrumentenkunde 1899 S. 261; und Hecker, Beitrag zur Theorie des Horizontalpendels, Zeitschrift für physikalische Erdkunde, Dr. Gerland's Beiträge zur Geophysik IV. Band.

Tafel 3.



Tafel 4.





schlossen, der dem Pendel hinreichenden Spielraum in seiner Bewegung gewährt. Von unten sowohl als auch von oben greifen in die doppelwandige Röhre entsprechende Zylinder ein, die auf dem Pendelstuhl bezüglich auf dem genannten Mantel ruhen. Auf Tafel 3 sind beide Pendel mit dem die Dämpfung umgebenden Mantel dargestellt. Um die Ruhelage des Pendels bezüglich einer mittleren Lage zu berichtigen, kann der Pendelstuhl, der die Stahlspitzen der Pendelaxe trägt, mittelst Schraube an der Grundplatte geneigt werden; ferner ruht die obere Stahlspitze in einem um eine horizontale Axe drehbaren Lagerbock mit Gradbogen. Mit diesem kann die Spitze nach dem Schnittpunkt gerichtet werden, in welchem die Vertikale durch den Pendelschwerpunkt die Horizontale durch die untere Spitze trifft; durch Verschieben der unteren, horizontalen Spitze in ihrem Lager kann die Drehaxe mehr oder minder geneigt, und dadurch die Schwingungsdauer der Horizontalpendel geändert werden. Ein zylindrisches Gehäuse, das auf der eisernen Grundplatte aufsitzt und oben mit einer Glasplatte abgedeckt ist, schützt die Pendel nach außen gegen Luftbewegungen etc. (Taf. 4.)

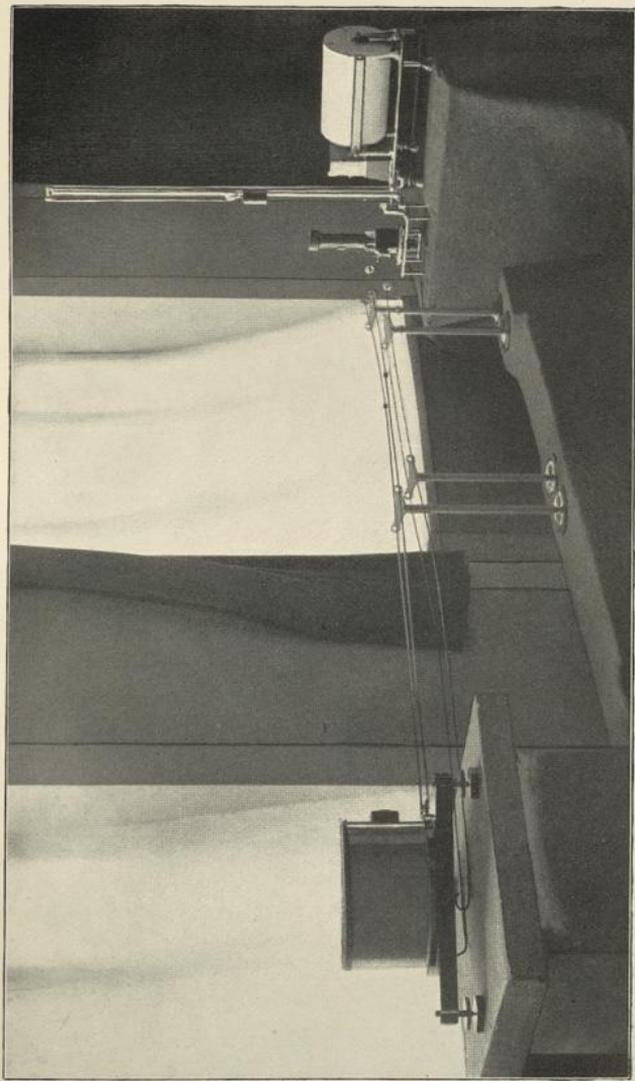
Die Bewegungen der Pendel werden auf einem gegenüberstehenden Registrierapparat photographisch aufgezeichnet. Zu dem Zweck reflektiert ein am Pendel angebrachter Spiegel, dessen Ebene durch die Drehaxe des Pendels geht, die von einer Lichtquelle auf ihn treffenden Strahlen nach der Vorderfläche einer 40 cm langen Walze. Diese ist mit lichtempfindlichem Papier überzogen und wird mittels Uhrwerk um eine horizontale Axe gedreht. Die von dem beleuchteten Spalt der Lichtquelle ausgehenden Strahlen vereinigen sich auf der Walze zu einem möglichst kleinen Lichtpunkt. Es wird dies durch die im Gehäuse vor jedem Pendel angebrachte Konvexlinse und durch die vor der Walze stehende Zylinderlinse erzielt. Die richtige Lage der Lichtpunkte auf der Walze wird durch Drehen und Neigen eines totalreflektierenden Glasprismas bewirkt, das vor jedem Pendelspiegel angeordnet ist. Das Drehen dieses Prismas kann aus größerer Entfernung mittels Stange und Schlüssel vorgenommen werden; ebenso kann auch aus größerer Entfernung mittels Gummiball und Rohr, das in eine Öffnung eines Ständers seitlich der Pendelspitze ausläuft, jedes Pendel angeblasen und die Lichtpunkte in Bewegung gebracht werden. Außer den beiden Licht-

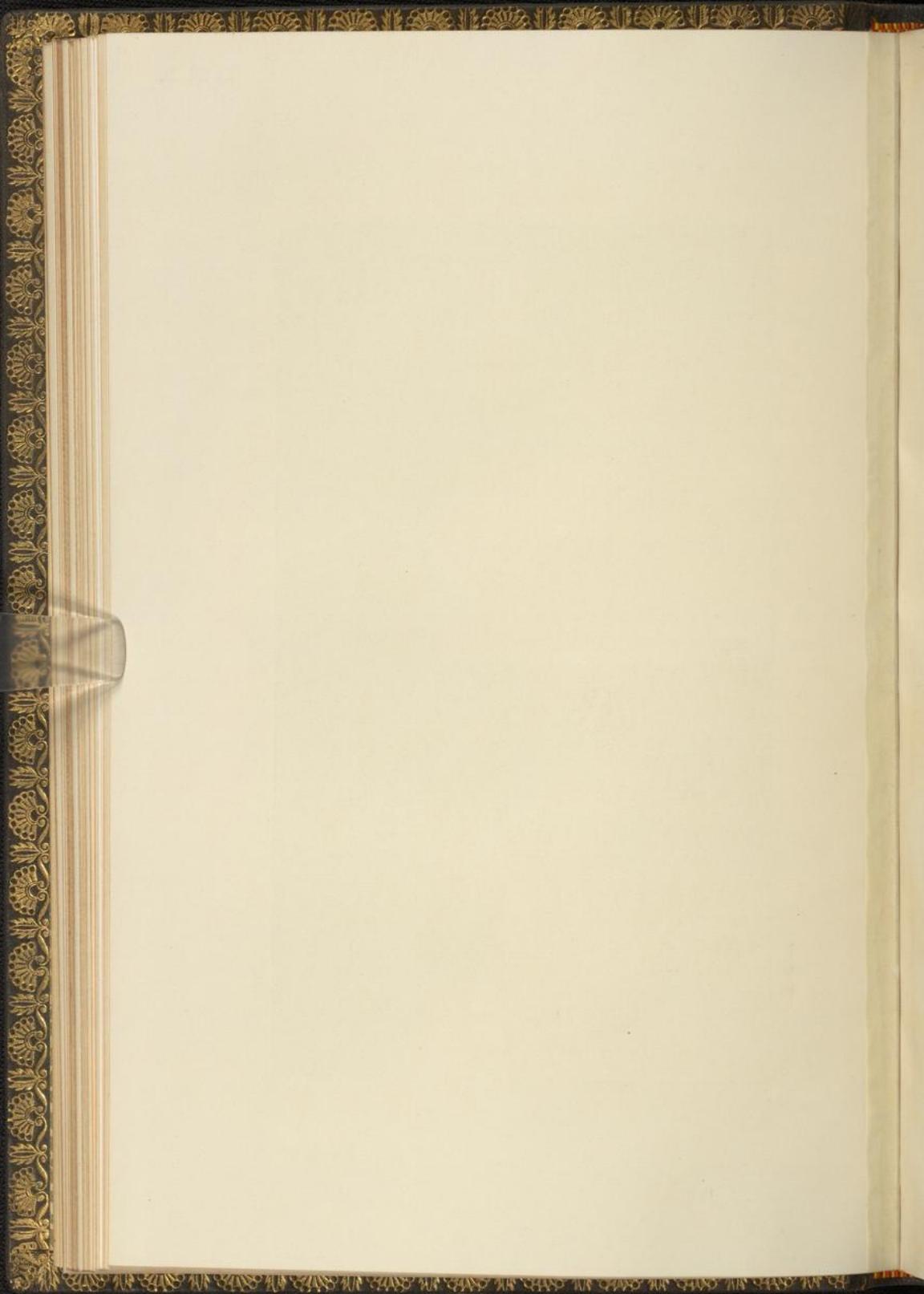
punkten der Pendel zeichnen noch zwei weitere Lichtpunkte, die von zwei auf der Grundplatte des Pendelapparats übereinanderstehenden festen Spiegeln kommen, zwei Basislinien auf der Walze auf. Zu diesen Basisspiegeln gehört die mittlere Konvexlinse des Gehäuses.

Eine kleine gegenseitige Verdrehung der Basisspiegel bewirkt, daß die auf der Walze registrierten Pendelkurven von den Basislinien umschlossen werden. Die Anordnung der Aufstellung zeigt Taf. 5. Das Räderwerk des die Walze treibenden Uhrwerkes ist für drei Geschwindigkeiten eingerichtet, bei welchen der Weg eines Punktes des Walzenumfangs, d. i. die Registriergeschwindigkeit $\frac{14}{3}$ cm bezgl. 14 cm bezgl. $3 \cdot 14$ cm in der Stunde beträgt.

Infolge des Unterschiedes der optischen und photographischen Brennweite der Linsen steht die zur Seite der Walze sich befindliche Lichtquelle etwas hinter der Walzenvorderfläche zurück. Die Lichtquelle sitzt auf einem Schlitten, der nach jeder ganzen Walzenumdrehung sich etwas verschiebt. Durch einen an der Walze seitlich angebrachten Kontakt erfolgt nämlich der Stromschluß für den unter der Lampe befindlichen Elektromagneten, wodurch dann das Auslösen einer Sperrklinke und die momentane Vorwärtsbewegung der durch ein Gewicht gezogenen Lampe bis zum nächsten Sperrzahn bewirkt wird. Die Aufzeichnungen für die aufeinander folgenden Umdrehungen ergeben sich auf diese Weise in parallelen 8 mm von einander entfernten Linien. In der Durlacher Station wird eine Benzinlampe, in Freiburg, wo elektrische Beleuchtung im Beobachtungsraum installiert ist, ein Nernstbrenner als Lichtquelle benützt. Für die Zeitmarkierung befindet sich in jeder Station eine von F. L. Löbner in Berlin bezogene Sekundenpendeluhr mit Lenzkircher Werk und Rieflerschem Nickelstahlpendel. Mittels eines in der Uhr angebrachten elektrischen Kontaktes wird der Lichtspalt bei jeder vollen Stunde durch einen vortretenden Schirm auf einige Sekunden abgeblendet, wodurch die photographische Registrierung unterbrochen und die einzelnen Stunden auf den registrierten Linien markiert werden. Die Einrichtung ist so getroffen, daß die Dauer der Abblendung, die zurzeit auf 15 sec. gestellt ist, geändert und bis auf 4 sec. verkürzt werden kann; auch kann der Kontakt halbstündig und auch viertelstündig eingestellt werden. Zur Ermittlung des Uhr-

Tafel 5.





standes sind die beiden Stationen an das Telephonnetz angeschlossen, und kann jede Uhr mittels Signaltaster mit den Uhren des geodätischen Institutes der Technischen Hochschule auf dem Chronographen verglichen werden. Um die Instrumente gegen Feuchtigkeit zu schützen, befinden sich der Pendel- und Registrierapparat sowie die Lampe zusammen in einem 4,2 m langen und 0,6 m hohen aus vier Teilen bestehenden Glaskasten. Die einzelnen Teile sowie die verschiedenen Türen sind durch Gummizwischenlagen hinreichend gedichtet. Ebenso ist das Uhrgehäuse nochmals mit einem Glaskasten überdeckt und dieser gegen die Wand durch Steinschrauben und zwischenliegenden Gummistreifen fest aufgedrückt. Im Innern dieser beiden Glaskasten sind Schalen* und Gläser mit Chlorkalcium; Lambrechtsche Hygrometer lassen darin den jeweiligen Feuchtigkeitszustand erkennen. Zur Registrierung der Temperatur und Feuchtigkeit im Beobachtungsraum dienen ein Thermograph und ein Hygrograph von Richard.

Da die Instrumente bereits im Herbst 1904 geliefert waren, so wurden sie bis zur Fertigstellung der Stationen im Aulakeller der Technischen Hochschule provisorisch aufgestellt, um die photographische Registrierung probeweise insbesondere bezüglich der Feinheit ihrer Linien vorzunehmen. Zur Untersuchung, inwieweit die vier Pendel einander gleich sind, und auch behufs Verwendung der Werte bei der Bearbeitung der künftigen Aufzeichnungen sind die Konstanten der Pendel, wie Gewicht, Trägheitsmomente, Schwerpunktlage und Lage des Schwingungs- oder Stoßmittelpunkts, bestimmt worden. Zu diesem Zweck wurden die Pendel und ihre zugehörigen Teile gewogen, sowie ihre Schwingungsdauer bei vertikaler Aufhängung beobachtet. Hiefür konnten die Pendel, welche in ihrer Drehaxe noch zwei besondere ebene Saphierflächen für vertikale Aufhängung besitzen, auf die Spitzen eines Gestells aufgehängt werden. Die eine dieser beiden Spitzen ist seitlich und in der Höhe verstellbar. Das Gestell war bei diesen Beobachtungen auf einem Pfeiler im Uhrkeller aufgegipst und die gleiche Höhenlage der beiden Spitzen mit Hülfe eines gegenübergestellten Theodolits kontrolliert worden. Die Schwingungsdauer wurde dann bestimmt sowohl für verschiedene Stellungen des Pendelgewichtes als auch bei Aufsetzung der Dämpfungsröhre mit ihrem zugehörigen Gegengewicht. Die Stellungen des Pendelgewichtes waren durch

Striche auf der Pendelstange markiert worden, deren Abstände auf dem Komparator gemessen wurden.

Die vier Pendel sind mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet, Pendel 1 und 3 gehören zum Apparat I in Freiburg mit Stationsuhr Löbner 356 und Pendel 2 und 4 zum Apparat II in Durlach mit Stationsuhr Löbner 357. Die Pendel 1 und 2 stehen im Meridian, Pendel 3 und 4 in ost-westlicher Richtung.

Die Wägungen auf der Wage No. 4 des Großh. Obereichungsamts ergaben nach der Schwingungsmethode (1905 Mai 3., 4. und 6.) für das Gewicht

	Apparat I		Apparat II	
	Pendel 1 gr	Pendel 3 gr	Pendel 2 gr	Pendel 4 gr
der Pendelstange	51,043	52,006	52,053	50,240
des zylindr. Pendelgewichts	38,532	38,244	39,426	38,402
der Dämpfungsröhre	90,916	88,886	96,173	92,472
des zur Dämpfung gehörigen Gegengewichts	35,252	35,057	34,603	34,893

Es beträgt daher das Gewicht des ungedämpften Pendels

für	Pendel 1 gr	Pendel 3 gr	Pendel 2 gr	Pendel 4 gr
	89,575	90,250	91,479	88,642

und bei Anwendung der Dämpfung

	gr	gr	gr	gr
	177,211	145,949	182,829	177,605

Für die Bestimmung der Schwingungsperiode (d. i. doppelte Schwingungsdauer) war der Spiegel des vertikal aufgehängten Pendels beleuchtet, und ihm gegenüber in 2,5 m Entfernung ein Schirm aus Karton aufgestellt worden, auf dem eine Linie gezogen war. Aus der auf dem Chronographen registrierten Zeit, die zwischen einer größeren Anzahl von (durchschnittlich 200) gleichgerichteten Durchgängen des vom Spiegel reflektierten Lichtscheins durch die schwarze Linie verfloß, wurde die Dauer einer Schwingungsperiode abgeleitet. Das Vielfache der Schwingungsperiode ist sowohl für die unbelastete Pendelstange, als für verschiedenen Stellungen des Pendelgewichtes, sowie auch bei Aufbringung der Dämpfungsvorrichtung mehrmals von zwei ver-

schiedenen Beobachtern bestimmt worden. Der Schwingungsbogen betrug hierbei ungefähr 2° .

Für die unbelastete Pendelstange wurde die Schwingungsperiode ermittelt bei

	Pendel 1 (1905: Novbr. 7.)	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4 (1905: Mai 25.)
	sec.	sec.	sec.	sec.
zu	0,8232	0,8246	0,8218	0,8289.

Bei den Pendeln 1 und 3 wurde für 5 Stellungen des Pendelgewichtes entsprechend den Marken 4, 3a, 3, 2 und 1, bei den Pendeln 2 und 4 für 4 Marken 4, 3, 2 und 1 die Schwingungsperiode bestimmt. Die Marke 1 liegt der Pendelspitze, Marke 4 der Pendelaxe am nächsten, und die Marke 2 gibt die Lage des Pendelgewichtes an bei der Aufstellung als Horizontalpendel.

Die Messung der Markenabstände von der Marke 4 ergab bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	cm	cm	cm	cm
Marke 4 . .	0,00	0,00	0,00	0,00
„ 3a . .	3,01	2,99	—	—
„ 3 . .	6,03	6,01	5,99	6,03
„ 2 . .	13,72	13,63	13,68	13,72
„ 1 . .	15,96	15,79	15,93	15,98
Pendelspitze . .	19,3	19,3	19,3	19,3

In der letzten Zeile ist die Entfernung der Marke 4 von der Mitte der in eine abgeschrägte Schneide auslaufenden Pendelspitze angegeben.

Die Schwingungsperiode für die verschiedenen Stellungen des Pendelgewichtes wurde nun erhalten bei

	Pendel 1 1904 Dezbr. 1. und 1905 Novbr. 7.	Pendel 3	Pendel 2 1904 Dezbr. 10. und 1905 Mai 25.	Pendel 4
	sec.	sec.	sec.	sec.
für Marke 4	0,6818	0,6843	0,6797	0,6848
„ „ 3a	0,7071	0,7095	—	—
„ „ 3	0,7500	0,7528	0,7475	0,7526
„ „ 2	0,8861	0,8859	0,8848	0,8864
„ „ 1	0,9272	0,9256	0,9266	0,9287

Die Schwingungsperiode bei Aufsetzung der Dämpfungsröhre mit zugehörigem Gegengewicht (gedämpftes Pendel) ergab sich bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	1904 Dezbr. 1.		1904 Dezbr. 1.	
	sec.	sec.	sec.	sec.
zu	0,8517	0,8569	0,8517	0,8553

Aus allen Beobachtungen berechnet sich der mittlere Beobachtungsfehler der 200fachen Schwingungsperiode zu $\mp 0,09$ sec. Es wird daher der mittlere Fehler einer Schwingungsperiode $= \mp 0,00045$ sec. und der mittlere Fehler des Mittels aus den Beobachtungen zweier Beobachter $= \mp 0,00032$.

Der Bestimmung der Trägheitsmomente und der Schwerpunktslagen liegt der bekannte Ausdruck

$$\frac{T^2}{4\pi^2}g = \frac{m_1(k_1^2 + h_1^2) + m_2(k_2^2 + h_2^2)}{m_1 h_1 + m_2 h_2} \dots (1)$$

zu Grund . . . (1).

Hierin bedeuten:

T die Schwingungsperiode,

g die Intensität der Schwerkraft ($980,982 \frac{\text{cm}}{\text{sec.}^2}$ Pendelkeller der Techn. Hochschule),

m_1 bezgl. m_2 die Masse der unbelasteten Pendelstange bezgl. die Masse des Pendelgewichts,

k_1 bezgl. k_2 den Trägheitsradius der unbelasteten Pendelstange bezgl. des Pendelgewichts bezogen auf ihre bezüglichen Schwerpunkte und parallel der Drehaxe des Pendels.

h_1 bezgl. h_2 den Abstand des Schwerpunkts der unbelasteten Pendelstange bezgl. des Pendelgewichts von der Drehaxe des Pendels.

Die Bestimmung der vier Größen $k_1 h_1 k_2 h_2$ setzt 4 Beobachtungen T voraus. Setzt man für 3 Beobachtungen, bei welchen das Pendelgewicht die Stellungen h_2 (Marke 4), $h_2 + a$ (Marke 3) und $h_2 + b$ (Marke 1) hat, und wobei a und b seine aus dem Markenabstand bekannten Verschiebungen sind

$$\frac{T_1^2}{4\pi^2}g = A, \quad \frac{T_2^2}{4\pi^2}g = B, \quad \frac{T_3^2}{4\pi^2}g = C$$

und nimmt als vierte

$$\frac{T_4^2}{4\pi^2}g = D$$

die Beobachtung der unbelasteten Pendelstange hinzu, für welche in obigem Ausdruck (1) $m_2 = 0$ zu setzen ist, so erhält man aus folgenden vier Gleichungen ihrer Reihe nach die vier Unbekannten h_1 , k_1^2 , k_2^2 und h_2

$$\frac{m_1}{m_2} \left(\frac{B-A}{A-B+2a} - \frac{C-A}{A-C+2b} \right) h_1 = \frac{C \left(b + \frac{A}{2} \right) - \left(b + \frac{A}{2} \right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-C+2b} -$$

$$- \frac{B \left(a + \frac{A}{2} \right) - \left(a + \frac{A}{2} \right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-B+2a}$$

$$k_1^2 = h_1 (D - h_1)$$

$$k_2^2 = \frac{m_1}{m_2} (A-D) h_1 + \frac{A^2}{4} - \left\{ \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{B-A}{A-B+2a} \cdot h_1 + \right.$$

$$\left. + \frac{B \left(a + \frac{A}{2} \right) - \left(a + \frac{A}{2} \right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-B+2a} \right\}^2$$

$$h_2 = \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{m_1}{m_2} (A-D) h_1 + \frac{A^2}{4} - k_2^2}$$

Die berechneten Werte sind nachstehend zusammengestellt.

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
h_1	4,23 cm	4,41 cm	3,95 cm	4,46 cm
k_1^2	53,31 cm ²	55,04 cm ²	50,65 cm ²	56,22 cm ²
h_2 (Marke 4)	6,38 cm	6,61 cm	6,25 cm	6,50 cm
k_2^2	3,38 cm ²	1,70 cm ²	5,07 cm ²	1,91 cm ²

Die Einsetzung dieser Werte in die analoge Gleichung (1), welche bei Pendel 1 und 3 für die Stellung des Pendelgewichts auf Marke 2 und 3a bezüglich bei Pendel 2 und 4 auf die Marke 2 noch gilt, gibt zunächst eine Kontrolle für die Rechnung. Diese ergab für

	Marke 2		Marke 3a	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
bei Pendel 1	19,510	19,528	12,424	12,436
„ „ 3	19,502	19,536	12,508	12,512
„ „ 2	19,453	19,473	—	—
„ „ 4	19,524	19,584	—	—

Zur weiteren Beurteilung der Genauigkeit, mit der auf diese Weise die obigen und die noch zu berechnenden Größen ermittelt werden, sind alle auf das Pendel 1 sich beziehenden Beobachtungen der Schwingungsdauer, der Wägung und der Verschiebung des Pendelgewichts einer strengen Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate unterworfen worden. Die Ausgleichung ergab für h_1, h_2, k_1^2, k_2^2 des Pendels 1 Verbesserungen, die kaum von dem mittleren Fehler ihrer Bestimmung verschieden sind. Im einzelnen werden die mittleren Fehler in den Schwerpunktsabständen h_1 bezgl. h_2 gleich $\mp 0,11$ cm bezgl. $\mp 0,05$ cm und in k_1^2 bezgl. k_2^2 gleich $\mp 0,89$ cm² bezgl. $\mp 0,81$ cm². Es wurden ferner die mittleren Beobachtungsfehler erhalten für die Wägung zu $\mp 0,014$ gr, für die Verschiebung des Pendelgewichtes zu $\mp 0,025$ cm und für die Schwingungsperiode zu $\mp 0,02$ sec. Da hier in den Beobachtungen der Schwingungsperiode neben der inneren Übereinstimmung wiederholter Beobachtungen noch andere Fehlerquellen in Betracht kommen, so ist der Unterschied dieses mittleren Fehlers mit seinem Werte auf S. 38 sowie der Betrag des m. F. in der Wägung nicht weiter auffallend.

Berechnet man nunmehr für die Einstellung des Pendelgewichtes auf Marke 2 (Aufstellung als ungedämpftes Horizontalpendel) den Abstand S des Schwerpunktes des Pendels von der Masse $M = m_1 + m_2$, sowie die Lage L des Schwingungsmittelpunktes, ferner das statische Moment $M.S$ und das Trägheitsmoment Θ , alles bezogen auf die Drehaxe, so ergeben sich bei ungedämpftem Pendel folgende Werte für

	S cm	L cm	M gr	$M.S$ gr cm	Θ gr cm ²
Pendel 1 . . .	11,05	19,51	89,58	990,2	19 319
Pendel 3 . . .	11,12	19,50	90,25	1003,2	19 565
Pendel 2 . . .	10,83	19,45	91,48	991,2	19 281
Pendel 4 . . .	11,28	19,52	88,64	1000,3	19 530
mittl. Fehler =	$\mp 0,19$	$\mp 0,01$	$\mp 0,02$	$\mp 6,0$	∓ 892

In dieser Zusammenstellung sind die Werte für M von S. 36 nochmals aufgenommen worden und ist in der letzten Zeile der mittlere Fehler für die auf das Pendel 1 bezüglichen Werte, wie sie sich vor ihrer Ausgleichung unmittelbar aus den Beobachtungen berechnen, beigelegt. Den auf die andern Pendel bezüglichen Werten darf wohl derselbe Genauigkeitsgrad zuerkannt werden, da sie auf gleiche Weise mit derselben Sorgfalt bestimmt worden sind.

Unter der Annahme, daß bei Aufbringung der Dämpfungsröhre und ihres zugehörigen Gegengewichts die Lage des Pendelschwerpunktes sich nicht ändert, ergeben sich für die gleichen Größen wie oben die folgenden Werte bei gedämpftem Pendel:

	S cm	L cm	M gr	$M.S$ gr cm	Θ gr cm
Pendel 1	11,05	18,03	177,21	1958,2	35 299
Pendel 3	11,12	18,25	175,95	1956,6	35 700
Pendel 2	10,83	18,03	182,83	1980,0	35 691
Pendel 4	11,28	18,18	177,61	2003,4	36 418

Aus diesen beiden Zusammenstellungen ist ersichtlich, daß bezüglich der darin enthaltenen Größen die vier Pendel hinreichend übereinstimmen. Da auch ihre Aufhängung vollständig gleich und besondere Sorgfalt genommen ist, daß die Reibung des Gehänges auf den Spitzen überall gleich wird, so darf man erwarten, daß gleichartige Erscheinungen von den Pendeln auch in gleicher Weise registriert werden. Inwieweit dies tatsächlich der Fall ist, zeigen die beiden in ihrer wirklichen Größe wiedergegebenen Seismogramme auf Seite 43, welche in Durlach und Freiburg vom Fernbeben am 21. Januar 1906 um 14^h bis 17^h GrZ. erhalten worden sind. Der übereinstimmende Eintritt von gleichen Phasen ist bei beiden Seismogrammen leicht zu erkennen. Die größere Amplitude des Freiburger Ost-Westpendels 3 gegenüber dem Durlacher Pendel 4 erklärt sich leicht daraus, daß in Freiburg das Pendel 1 fast ruhig blieb, die Erdbebenwellen also in meridionaler Richtung gingen, während in Durlach außer Pendel 4 auch das Nord-Süd-Pendel 2 die Wellen anzeigte; die Richtung der Erdbebenwellen ist daher in Durlach gegen den Meridian geneigt. Ob diese Verschiedenheit der Richtung von der Aufstellung der

Seismographen auf Gneis in Freiburg und auf Buntsandstein in Durlach herrührt, müssen künftige Beobachtungen darüber Aufschluß geben.

Die Wirkungsweise der Horizontalseismographen,* zu denen auch die Horizontalpendel gehören, wird hauptsächlich durch zwei Konstanten charakterisiert, und zwar durch die Vergrößerung, mit der sie die horizontalen Verschiebungen wiedergeben, sowie durch die Empfindlichkeit gegen dauernde Neigungen. Die Vergrößerung V ist das Verhältnis der Länge I des Indikators zur mathematischen Pendellänge L . Bei photographischer Registrierung wird die Indikatorlänge dargestellt durch die Summe aus den Entfernungen des Lichtspaltes und des registrierenden Lichtpunktes vom Pendelspiegel. Die Neigungsempfindlichkeit hängt von der Größe der Schwingungsperiode des Horizontalpendels ab. Wird die der Schwingungsperiode entsprechende äquivalente Pendellänge mit \mathfrak{L} bezeichnet, so wird die äquivalente Indicatorlänge $\mathfrak{I} = V \cdot \mathfrak{L}$. Durch diese als auch durch den Ausschlag für eine Bogensekunde $E = \frac{\mathfrak{I}}{206265}$ wird die Empfindlichkeit des Horizontalpendels für statische Neigungsänderung angegeben.

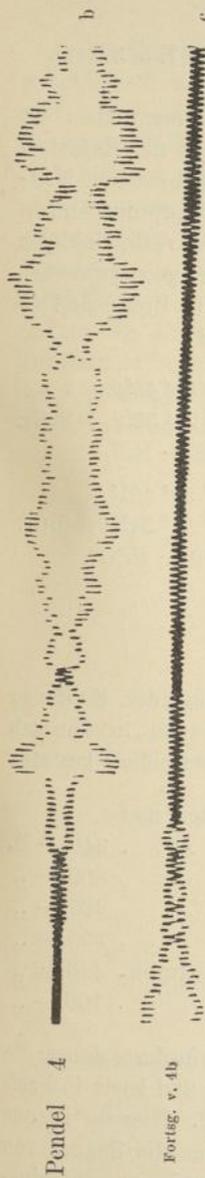
Der Weg des Lichtstrahls vom Lichtspalt bis zum Pendelspiegel beträgt in Durlach 330,6 cm bezgl. in Freiburg 337,3 cm und vom Pendelspiegel bis zur Vorderfläche der Registrierwalze in Durlach 308,6 bezgl. in Freiburg 308,1. Die Indikatorlänge ist daher in Durlach $I = 639,2$ cm bezgl. in Freiburg $I = 645,4$ cm. Der Unterschied von 6,2 cm ist weiter von keiner Bedeutung in V und \mathfrak{I} . Die vier Horizontalpendel werden möglichst auf eine Schwingungsperiode von 30 sec. eingestellt, was einer äquivalenten Pendellänge $\mathfrak{L} = \frac{30^2}{4\pi^2} \cdot g = 22360$ cm entspricht.

Für das ungedämpfte Pendel ist auf beiden Stationen $L = 19,5$ cm und man erhält

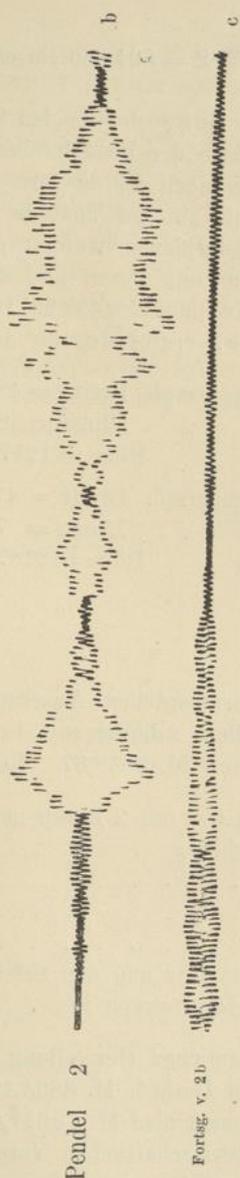
$$V = \frac{I}{L} = 33 \text{ und } \mathfrak{I} = V \cdot \mathfrak{L} = 737\,880 \text{ cm oder } E = 3,6 \text{ cm.}$$

Für das gedämpfte Pendel ist auf beiden Stationen $L = 18,1$ cm und es wird

* E. Wiechert, Theorie der automatischen Seismographen. Abhdl. d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-Phys. Kl. Neue Folge Band II, No. 1. Berlin 1903.



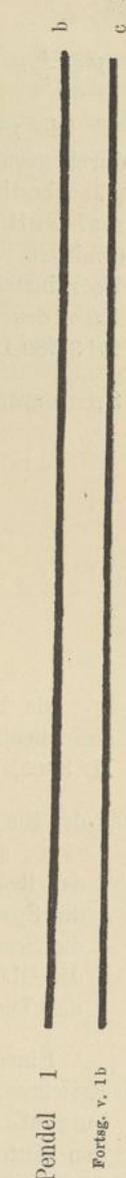
DURLACH
Ost-West



FREIBURG
Ost-West



DURLACH
Nord-Süd



FREIBURG
Nord-Süd

$$V = \frac{I}{g} = 36 \text{ und } \mathfrak{Z} = V \cdot g = 804\,960 \text{ cm oder } E = 3,9 \text{ cm.}$$

Die geographische Lage der beiden Seismographen ist durch geometrische Aufnahme der Pendelpeiler in die Katasterpläne bestimmt worden als auch wurde ihre Höhe über Normal-Null durch Anschluß an das badische Hauptnivellement ermittelt. Aus den Katasterplänen wurden die rechtwinkligen Koordinaten abgegriffen und aus diesen und der geographischen Lage des Mannheimer Nullpunkts ($49^{\circ} 29' 10'' 91$ Breite und $8^{\circ} 27' 36'' 80$ Länge östl. Grenw.) ergibt sich für den

Seismograph in Durlach geograph. Breite = $48^{\circ} 59' 45'' 6$,
 „ Länge = $8^{\circ} 28' 55'' 2$, östl. Gr.
 Höhe = $127^m 48 + \text{N.N.}$
 „ „ Freiburg geograph. Breite = $47^{\circ} 59' 46'' 4$,
 „ Länge = $7^{\circ} 51' 34'' 8$, östl. Gr.
 Höhe = $278^m 93 + \text{N.N.}$

* * *

Die Kosten der instrumentellen Ausrüstung der Stationen einschließlich der speziellen Adaptierung betragen in Durlach M. 3305,16 und in Freiburg M. 3338,87. Insbesondere kosteten

der Horizontalpendelapparat mit 2 Komponenten und	
Dämpfungseinrichtung	940,— M.
der Registrierapparat	800,— „
die Spaltlampe	225,— „
die Sekundenpendeluhr	355,— „
die Glaskästen über die Uhr und den Seismograph.	446,46 „
der Thermograph und Hygrograph je	100,— „

Einschließlich der baulichen Herstellung erforderte daher die Errichtung der Station in Durlach M. 8864,43 und jener in Freiburg M. 4147,44, zusammen also M. 13011,87. Hiervon ist aus den Mitteln des Naturwissenschaftlichen Vereins die Summe von 12203,30 M. bestritten worden; außerdem wurde aus Vereinsmitteln für die Einrichtung zur Untersuchung der Pendel und für den Betrieb bis Ende 1905 der Betrag von M. 852,09 aufgewendet.

Die Errichtung der beiden Erdbebenstationen bedeutet einen wesentlichen Fortschritt für die seismische Forschung in Baden, und werden die vorliegende Untersuchung der Instrumente und die ermittelten Zahlenwerte ihre Verwertung späterhin finden. Neben dieser auf instrumenteller Grundlage beruhenden Forschung möge aber nicht die bisherige Tätigkeit der Erdbebenkommission vernachlässigt werden, die unter anderem auf die Ermittlung der Epizentren der hier fühlbaren Erdbeben hinzielt, umso mehr, als diese Tätigkeit jetzt durch die seismischen Stationen Unterstützung findet. Es dürfte sich hiefür noch empfehlen und es wäre sehr dankbar zu begrüßen, wenn wie früher die bewährte Mitwirkung des Zentralbureaus für Meteorologie und Hydrographie wieder gewonnen werden könnte.

