

Relative Schweremessungen in Württemberg.

IV. Anschlußmessungen in Karlsruhe.

Von K. R. Koch.

Mit 4 Tabellen.

Durch die sehr umfangreichen und sorgfältigen Messungen des Herrn HAID, durch welche er Karlsruhe an die mitteleuropäischen Hauptstationen Straßburg, Leiden, Paris, Padua, Wien und München angeschlossen hat¹, ist der Wert der Schwere für Karlsruhe in außerordentlich guter Weise festgelegt und als gut versichert anzusehen. Ich beschloß deshalb nach Absolvierung meiner ersten Messungsreihe auf dem Tübinger Meridian die württembergischen Messungen nach Karlsruhe hin anzuschließen.

Diese Anschlußmessungen sind zweimal ausgeführt; erstmals im Juni des Jahres 1900, ein zweites Mal im März 1904.

Die Methode war die seither von mir angewandte, bei der die Fehler des Uhrgangs und des Mitschwingens eliminiert sind; ersterer durch synchrone Beobachtung auf beiden Stationen, beide Koinzidenzapparate betrieben von derselben Uhr (Normaluhr des physikalischen Instituts, Pendeluhr KUTTER, No. 50 mit RIEFLER'schem Pendel)¹, letzterer dadurch unschädlich gemacht, daß er durch möglichste Stabilität der Pendelaufhängung unmerklich wurde. Ebenso fallen die Fehler, die aus verschiedener Trägheit des Pendels und des Thermometers gegen Temperaturschwankungen stammen, dadurch fort, daß in Räumen von nahezu konstanter Temperatur beobachtet wurde und dabei dem Thermometer durch geeignete Umhüllungen nahezu die gleiche Trägheit gegen Temperaturänderungen gegeben war wie dem Pendel. Da außerdem die Temperaturen in den beiden Pendelkellern (in Karlsruhe und in Stuttgart) ungefähr die gleichen waren, ebenso die Barometerstände sich nicht wesentlich voneinander (um ca. 10 mm) unterschieden, so werden sogar merkliche Ungenauig-

¹ Vergl. Verhandl. der 13. Generalkonferenz in Paris 1900. p. 386 ff.

keiten in den Reduktionsfaktoren für Temperatur und Dichtigkeit keine nennenswerten Fehler hervorrufen¹. Eine Untersuchung über die erreichten Genauigkeiten der Resultate wird weiter unten ihre Stelle finden.

Unterstützt wurde ich bei diesen Messungen durch Herrn C. KLOPPER, Mechaniker des physikalischen Instituts, der wie auch sonst die Aufstellung der Apparate mit mir besorgte, sowie mir bei den Beobachtungen hilfreich zu Hand ging. Auf der Station Stuttgart hatte im Jahre 1900 Herr Dr. HAUSER, im Jahre 1904 Herr Assistent WELLER die Güte, die synchronen Beobachtungen auszuführen. Die Beobachtungen in Karlsruhe, sowie die Vergleichung der mitgenommenen Pendel vor und nach der Reise in Stuttgart führte ich selbst aus. Durch Entgegenkommen der K. Oberpostdirektion in Karlsruhe und der K. württ. Generaldirektion der Posten und Telegraphen, sowie der K. Telegrapheninspektion in Stuttgart waren während vier Nächten die Telephondoppelleitungen Karlsruhe—Stuttgart von 9 Uhr abends ab zur Verfügung gestellt.

Den hohen Behörden für ihr großes Entgegenkommen, Herrn Geh.-Rat. Prof. Dr. HAID in Karlsruhe für seine freundliche Unterstützung, sowie die erteilte Erlaubnis im Pendelkeller des geodätischen Instituts die Messungen auszuführen, sowie meinen Mitarbeitern für ihre tatkräftige Hilfe möchte ich auch an dieser Stelle meinen besonderen Dank auszusprechen, nicht ermangeln.

A. Messungen im Jahre 1900.

Benutzt wurden die, wie l. c. I. p. 376 ff. beschrieben, umgeänderten SCHNEIDER'schen Pendel No. I, III, IV (auf die Verwendung von Pendel No. II war von vornherein verzichtet worden, weil dasselbe als nicht vollkommen unveränderlich verdächtig war²). Pendel No. III blieb als Referenzpendel in Stuttgart, während Pendel I und IV nach Karlsruhe genommen und in beschriebener Weise mit Pendel III verglichen wurden; selbstverständlich wurden sie vor und nach der Reise in Stuttgart mit Pendel III zusammen beobachtet, um das Verhältnis ihrer Pendellängen festzulegen (l. c.).

Die Beschreibung der Räume, in denen in Stuttgart die Beobachtungen stattfanden, sind l. c. I. p. 387 ff. näher beschrieben;

¹ Selbst wenn der Reduktionsfaktor für die Dichtigkeit um 25 Einheiten (ca. 5%) unrichtig wäre, würde sich das Korrektionsglied erst um ca. 0,25 Einheiten der 7. Dez. der Schwingungsdauer ändern.

² Vergl. l. c. I. p. 391 ff.

die geographischen Koordinaten für den Ort der Stuttgarter Messungen sind

$$\varphi = 48^{\circ} 46,9' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 9^{\circ} 10,5' \text{ ö. Gr.}$$

Höhe der Pendellinse über NN. = 250,5 m.

Der Pendelraum des geodätischen Instituts in Karlsruhe ist im Kellergeschoß des sogenannten Aulabaues gelegen. Seine geographischen Koordinaten sind nach freundlicher Mitteilung des Herrn HAID

$$\varphi = 49^{\circ} 0,65' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 8^{\circ} 24,8' \text{ ö. Gr.}$$

Höhe der Pendellinse über NN. = 114,3 m.

Der durch die sorgfältigen, vielfachen Anschlußmessungen von Herrn HAID für Karlsruhe ermittelte Wert von „g“ beträgt

$$980,982 \text{ cm.}$$

Der Pendelraum selbst ist sehr geräumig, mithin die durch Anwesenheit des Beobachters, der Beleuchtungskörper etc. hervorgerufene Temperatursteigerung unbedeutend; außerdem kann durch passendes Öffnen der Ventilationsklappen, sofern die äußere Lufttemperatur unter der des Beobachtungsraums liegt, leicht nachgeholfen werden; die Temperatursteigerung im Pendelkasten betrug deshalb während einer ganzen Beobachtungsnacht nur bis zu $0,13^{\circ}$. Die Verhältnisse lagen mithin gerade so günstig wie in Stuttgart, wo dadurch, daß der an sich kleine Pendelraum durch eine Wand und Tür in zwei Hälften geteilt war¹, in deren äußerer sich der Beobachter und deren innerer sich das Pendel befand, es ebenfalls gelang, die mittlere Temperaturschwankung während einer Beobachtungsnacht unter $0,12^{\circ}$ zu halten.

In bezug auf die Beobachtungsmethode der Koinzidenzen mag erwähnt sein, daß dieselbe im Jahre 1900 durch Koinzidenzbeobachtungen erfolgte, bei denen die Koinzidenzen, wie I. c. I. p. 385 f. beschrieben, symmetrisch zu (von mir sogenannten) „wahren“ Koinzidenzen lagen: entsprechend den von mir I. c. II. p. 12 angestellten Überlegungen habe ich diese Methode später wieder verlassen — hauptsächlich auch deshalb, weil alsdann genau synchrone Messungen auf den beiden zu vergleichenden Stationen wegen fehlender Verständigung über den jeweiligen Beginn der Beobachtungsreihe nicht gut möglich sind (vergl. auch unten) — und sie im Jahre 1904 dadurch

¹ I. c. II. p. 5 ff.

ersetzt, daß am Anfang und am Ende einer Reihe nicht 10, sondern 20 Koinzidenzen beobachtet wurden, wodurch der mittlere Fehler auf die Hälfte reduziert wird. Besonderer Umstände wegen fanden die Beobachtungen im Jahre 1900 im Juni statt. Wie mehrfach von mir erwähnt (l. c. I. p. 374 f., II. p. 6, III. p. 20) ist das keine für diese Beobachtungen günstige Jahreszeit. In der Tat waren in der ersten Beobachtungsnacht in der Telephonleitung Stuttgart—Karlsruhe derartige Strömungen vorhanden (durch Gewitter veranlaßt), daß die Beobachtungen nach einer Stunde abgebrochen wurden.

B. Die Messungen im Jahre 1904.

Während auf der Station Karlsruhe im Pendelkeller des geodätischen Instituts wesentliche Änderungen in Lage und Einrichtung nicht eingetreten waren, war auf der Station Stuttgart eine Verlegung des ganzen Pendelraumes vorgenommen. Der alte Pendelraum befand sich an einer wenig passenden Stelle unmittelbar unter der Treppe des Treppenhauses des alten Gebäudes der Technischen Hochschule; durch die Aufführung eines neuen Flügelanbaus waren Kellerräume gewonnen, die bedeutend tiefer in der Erde und deshalb in bezug auf Konstanz der Temperatur wesentlich günstiger gelegen waren. In diesen wurde durch Entgegenkommen des Senats der Technischen Hochschule der neue Raum für die Schweremessungen eingerichtet. Wie l. c. II. p. 6 erwähnt, befand sich der neue Raum ca. 5 m nördlicher und 50 m östlicher als der alte und die Mitte der Pendellinse 3,175 m tiefer als früher. Während offenbar infolge der horizontalen Verschiebung die Änderung der Schwerebeschleunigung unmerklich sein wird, wird durch die geringere Höhe eine Zunahme von g um ca. 1 Einheit der 3. Dez. (genauer 9 Einheiten der 4. Dez.) (g in cm gemessen) eintreten und in Rechnung zu ziehen sein.

Resultate.

Die Ergebnisse der beiden Anschlußmessungsreihen sind in den beigegebenen Tabellen enthalten.

Zu diesen mögen folgende Bemerkungen hier ihre Stelle finden.

Im Jahre 1900 verfuhr ich bei den synchronen Messungen in Karlsruhe und Stuttgart so, daß während einer Beobachtungsnacht nur jeweils ein einziges Pendel beobachtet wurde, um die störende Nähe des Beobachters am Pendelkasten auf das Notwendigste zu beschränken. Im Jahre 1904 kehrte ich jedoch zu der bisher von

mir befolgten Methode zurück, beide Pendel in derselben Nacht zu beobachten, indem in der Mitte der Nacht die Auswechselung vorgenommen wurde; es zeigte sich nämlich, daß auf letztere Art besser übereinstimmende Werte gefunden wurden. In diesem Jahre wurde auch auf möglichsten Isochronismus der Beobachtungen gesehen, indem im Anfang jeder Beobachtungsnacht genau die Zeiten des Beginns jeder Reihe festgesetzt wurden, um irgendwelche Fehler aus geringen Schwankungen des Übergangs von vornherein zu eliminieren. Bei den Beobachtungen im Jahre 1900 war dies selbstverständlich nicht möglich, da jeder Beobachter zunächst auf das Eintreten einer sogenannten „wahren“ Koinzidenz zu warten hatte.

Während ich bisher bei der Berechnung der Schwerkräfte für die Stationen des württembergischen Beobachtungsnetzes von der Berechnung eines mittleren Fehlers und damit von der Ermittlung der Genauigkeit der Resultate Abstand genommen habe, da sich dieselben auf, meines Erachtens nach, zu wenig Beobachtungen (für jedes Pendelpaar je 3—4 voneinander unabhängige Beobachtungsreihen) stützen, standen bei diesen Übertragungsmessungen so viel Beobachtungen zur Verfügung, daß füglich Fehlerberechnungen in herkömmlicher Weise angestellt werden konnten.

Es mögen hierbei zugleich einige allgemeinere Bemerkungen ihre Stelle finden.

Die in der sonst gebräuchlichen Weise ausgeführten relativen Schweremessungen sind bekanntlich folgenden Fehlerquellen unterworfen¹:

1. Der Fehler (Schätzungsfehler der Zehntelsekunden), mit dem die Bestimmung der Koinzidenzdauer behaftet ist.

2. Der Fehler des Uhrgangs.

3. Der aus ungenauer Bestimmung der Korrektion für das Mitschwingen sich ergebende Fehler.

4. Der Fehler, der aus der gegen Temperaturänderungen ungleichen Trägheit des Pendels und des Thermometers entspringt.

5. Der Fehler, mit dem die Koeffizienten für die Reduktion auf den leeren Raum und die Temperatur von 0° behaftet sind.

¹ Siehe hierüber die interessanten und sorgfältigen Untersuchungen der Herren Helmert, Haasemann, Borraß, Schumann. Vergl. Veröffentl. des königl. preuß. geodät. Instituts: Bestimmung der Polhöhe und Intensität der Schwerkraft etc. 1896, 1899, 1902; F. R. Helmert, Theorie des Reversionspendels 1898.

6. Der Fehler, der auf der unvollkommenen Unveränderlichkeit der Pendel beruht.

Bei der von mir benutzten Methode fällt der Fehler No. 3 (der durch das Mitschwingen resultiert) heraus, ebenso der Fehler No. 2 (des Uhrgangs) sofern vollkommener Isochronismus gewahrt und die benutzte Uhr selbst (wie bei meinen Beobachtungen) einen vorzüglichen Gang besitzt. Geht die Uhr unregelmäßig, so können im Resultat, d. h. in dem Quotienten des Verhältnisses der Schwingungsdauern recht bedeutende Abweichungen und Fehler trotz Isochronismus auftreten¹.

Der unter No. 6 erwähnte Fehler ist zahlenmäßig nicht faßbar und jedenfalls wird seiner ziffernmäßigen Feststellung immer eine große Willkürlichkeit anhaften; ich habe mich deshalb entschlossen, Messungen, bei denen sich im Mittel Änderungen des Verhältnisses der Schwingungsdauern (zu einem invariabel gebliebenen Pendel) ergeben, durch die der Wert von g sich um 1 Einheit der 3. Dezimale (also um $\pm 0,001$ cm) ändern würde, zu verwerfen. Dadurch scheidet für die Beobachtungen des Jahres 1900 das Pendel I, für die des Jahres 1904 das Pendel VI zum Teil aus; ein Teil der Beobachtungen bleibt brauchbar, da sich für das Pendel VI nachweisen läßt, daß die Änderung bei der Rückfahrt von Karlsruhe nach Stuttgart eingetreten ist.

Es bleiben mithin nur die Fehler unter No. 1, 4 und 5 bei der von mir benutzten Beobachtungsmethode übrig. Von diesen glaube ich, die aus unrichtiger Temperaturbestimmung resultierenden innerhalb der gewünschten Genauigkeitsgrenzen beseitigt zu haben (vergl. die l. c. III. Anhang gegebene Methode). Ebenso wird ein Fehler in den Reduktionskoeffizienten für Temperatur und Dichtigkeit für die Messungen in Stuttgart und Karlsruhe nicht in Betracht kommen, da Temperatur und Dichtigkeit der Luft nicht wesentlich verschieden waren. Somit bleibt nur der Fehler bestehen, der auf der Ungenauigkeit der Koinzidenzbeobachtungen beruht, d. h. in bezug auf die von mir benutzte Methode, der, mit welchem die Verhältnisse der beobachteten Schwingungsdauern behaftet sind. Die

¹ Z. B. am 17./V. 04 war es durch ein Versehen vergessen die Normaluhr aufzuziehen, sie blieb während der Beobachtung stehen. Bekanntlich ist der Gang einer Uhr im Anfang nach dem Ingangsetzen unregelmäßig, zumal wenn die erteilte Amplitude zu groß ist. Das Verhältnis der Schwingungsdauern der Pendel V und VI, das vorher und nachher = 1,0000097 ist, hatte sich dabei auf 1,0000067 verkleinert.

Genauigkeit der Resultate wird mithin — vorausgesetzt, daß die Anzahl der unabhängigen Beobachtungsreihen groß genug ist — durch den mittleren Fehler dieser aus allen Beobachtungsreihen gewonnenen Verhältnisse der Schwingungsdauern gegeben sein.

Die Beobachtungen ergeben folgendes:

Beobachtungen 1900. Juni.

1. Beobachtungen in Stuttgart t_3/t_4 ¹ = 0,9994265 ± 0,000000225
2. Beobachtungen in Stuttgart No. III und in
Karlsruhe No. IV $\frac{t_4'}{t_3}$ = 1,0005392 ± 0,00000024

Daraus würde sich unter Zugrundelegung des von Herrn HAD ermittelten Wertes von g für Karlsruhe von 980,982 cm für Stuttgart ergeben

$$g_{st} = 980,914(08) \pm 0,00064 \text{ cm.}$$

Pendel I hatte seine Schwingungsdauer gegen Pendel III und IV nach der Rückkehr von Karlsruhe nicht unbedeutend geändert, berechnet man aus dem Mittel aller in Stuttgart erhaltenen Werte t_3/t_1 den Wert von g für Stuttgart aus diesen Beobachtungen von Pendel I und III, so erhält man nahe denselben Wert ².

Beobachtungen 1904. März.

Für diese Beobachtungen ist zunächst zu wiederholen, daß auch hier eines der (neuen) Pendel No. VI seine Schwingungsdauer nach der Rückkehr nach Stuttgart gegen die der übrigen Pendel geändert hatte, so daß ich es nicht weiter berücksichtigt hätte, wenn sich nicht ergeben hätte, daß diese Veränderung erst auf dem Rücktransport von Karlsruhe nach Stuttgart stattgefunden hat. Es sind deshalb für die Ermittlung des Verhältnisses der Schwingungsdauern in Stuttgart nur die Beobachtungen vor der Abreise nach Karlsruhe benutzt worden.

Es ergab sich folgendes:

¹ t_3 bedeutet die reduzierte Schwingungsdauer des Pendels No. III etc.

² Andere Forscher haben für Fehler unbekannter Ursachen angenommen, daß die ermittelte Schwingungsdauer des einzelnen Pendels noch um 2 Einheiten der 7. Dezimale unsicher wäre; da es sich bei mir um die Verhältnisse der Schwingungsdauern bei meiner Methode handelt, so wird ein mittlerer Fehler von $\pm \sqrt{8} = \pm 2,83$ in Einheiten der 7. Dezimale resultieren; berechnet man hieraus die Unsicherheit, die dem oben gegebenen Wert von $g = 980,914(08)$ anhaftet, so findet man $\pm 0,00107$.

Messung durch Pendel V und VI.

(No. V blieb in Stuttgart, No. VI wurde nach Karlsruhe gebracht.)

1. Beobachtungen in Stuttgart $t_5/t_6 = 0,9999575(6) \pm 0,000000131$
2. Beobachtungen in Stuttgart No. V und
in Karlsruhe No. VI $t_6'/t_5' = 1,0000097 \pm 0,000000193$

Daraus würde unter den obigen Voraussetzungen für die Schwerkraft in Stuttgart folgen

$$g_{st} = 980,917(77) \pm 0,00046.$$

Messung durch Pendel VII und VIII.

(No. VII blieb in Stuttgart, No. VIII kam nach Karlsruhe.)

Pendel VIII hatte nach der Rückkehr nach Stuttgart seine Schwingungsdauer gegen VII und V nicht geändert. Es ergaben:

1. Beobachtungen in Stuttgart $t_7/t_8 = 1,0000825(98) \pm 0,000000099$
2. Beobachtungen in Stuttgart No. VII
und in Karlsruhe No. VIII $t_8'/t_7' = 0,9998848 \pm 0,00000029$

Daraus folgt wiederum unter Benutzung des Wertes von g für Karlsruhe = 980,982

$$g_{st} = 980,917(96) \pm 0,00061^1.$$

Wie erwähnt, war der Pendelraum unter der Zeit von 1900 bis 1904 in einen anderen Raum des Hochschulgebäudes verlegt, so daß die Messungen von 1904 in diesem anderen Raum stattfanden, der, wie schon oben mitgeteilt, 5 m nördlicher, 50 m östlicher und 3,175 m tiefer lag; daraus ergibt sich eine + Korrektions von 0,0009 cm für g_{st} für die Messungen im Jahr 1900.

Es ergeben sich mithin folgende Resultate:

Messungen (Juni) 1900
(übertragen auf den neuen Pendelraum).
Höhe der Pendellinse 247,3 m NN.
 $g_{st} = 980,914(98) \pm 0,0008$
(aus Beobachtungen mit Pendel No. III
und No. IV).

Messungen (März) 1904.
Höhe der Pendellinsen 247,3 m NN.
 $g_{st} = 980,917(96) \pm 0,00061$
(aus Pendel VII und VIII).
 $g_{st} = 980,917(77) \pm 0,00046$
(aus Pendel V und VI).
Mittel: 980,917(86).

¹ Macht man auch hier wieder die willkürliche Annahme, daß eine unbekannte Fehlerquelle in der Bestimmung der Schwingungsdauer noch außerdem eine Unsicherheit von 2 Einheiten der 7. Dezimale verursachte, so würde sich für g_{st} aus den Messungen von Pendel V und VI eine Unsicherheit von $\pm 0,00090$ cm, aus den Messungen mit Pendel VII und VIII eine solche von $\pm 0,00099$ cm ergeben.

Es ergibt sich mithin eine Änderung der Schwere in Stuttgart (unter Voraussetzung der Konstanz derselben in Karlsruhe) von
rund $+ 0,0029$ cm.

Dieser Betrag ist rund fünfmal so groß als der mittlere zu erwartende Fehler und immer noch beinahe dreimal so groß als die Unsicherheit der Werte von g , wenn man willkürlich aus unbekanntem Gründen noch einen weiteren Fehler in der Bestimmung des Verhältnisses der Schwingungsdauer von 2,83 Einheiten der 7. Dezimale einführt.

Ich glaube deshalb an der Realität dieser Änderungen nicht zweifeln zu sollen. Es sind demgemäß Messungen in Vorbereitung, um diese Frage systematisch zu untersuchen. In Stuttgart und synchron an einer möglichst östlich und an einer möglichst südlich gelegenen Station (Aalen und Tuttlingen sind in Aussicht genommen) werden mehrmals im Laufe der kommenden Jahre Vergleichen der Schwerkraft ausgeführt werden, über deren Resultate später berichtet werden wird.

Stuttgart, im August 1904.

Phys. Institut d. Kgl. techn. Hochschule.

Tabelle II.

1900. Stuttgart—Karlsruhe.

©Biodiversity Heritage Library, www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

K. R. Koch: Relative Schwermessungen IV.

Mittlere Beobachtungszeit	Nummer des Pendels	Amplitude in Minuten	Temperatur ° C.	Luftdruck mm	Koinzidenzdauer m. Z. in Sekunden	Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	Korrektion wegen			Korrigierte Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	Nummer des Pendels	Amplitude in Minuten	Temperatur ° C.	Luftdruck mm	Koinzidenzdauer m. Z. in Sekunden	Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	Korrektion wegen			Korrigierte Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	t ₁ /t ₂	t ₁ /t ₃
							Amplitude 10 ⁻⁷	Temperatur 10 ⁻⁷	Dichte 10 ⁻⁷								Amplitude 10 ⁻⁷	Temperatur 10 ⁻⁷	Dichte 10 ⁻⁷			
Karlsruhe.																						
1900 Nacht Mai 31./Juni 1.																						
10,0 ^h	I	12,6'	15,30 ^o	752,0	36,2685	0,5083774	-4,3	-754,1	-538,9	0,5082477	III	10,5'	14,645 ^h	740,0	37,6840	0,5081107	-2,9	-740,1	-531,4	0,5079833		
10,9	I	14,0	15,40	751,8	36,2640	0,5083783	-5,3	-759,1	-538,5	0,5082480	III	12,4	14,67	739,9	37,6810	0,5081112	-4,1	-741,3	-531,4	0,5079835		
11,7	I	14,9	15,43	751,6	36,2654	0,5083780	-5,9	-760,7	-538,4	0,5082475	III	11,5	14,70	739,8	37,6806	0,5081113	-3,6	-742,8	-531,3	0,5079835		
0,5	I	13,9	15,435	751,5	36,2642	0,5083783	-5,2	-760,9	-538,1	0,5082479	III	12,1	14,74	739,6	37,6796	0,5081115	-3,9	-744,9	-530,9	0,5079835		
1,4	I	14,1	15,45	751,4	36,2644	0,5083781	-5,3	-761,6	-538,1	0,5082476	III	12,6	14,76	739,5	37,6786	0,5081116	-4,3	-745,9	-530,9	0,5079835		
2,2	I	14,0	15,405	751,3	36,2641	0,5083783	-5,2	-762,5	-538,0	0,5082477	III	13,5	14,77	739,4	37,6770	0,5081120	-4,9	-746,5	-530,9	0,5079835		
3,1	I	13,9	15,405	751,3	36,2642	0,5083783	-5,2	-762,4	-538,0	0,5082477	III	13,5	14,78	739,3	37,6778	0,5081117	-4,9	-747,0	-530,6	0,5079838		
3,8	I	14,2	15,46	751,3	36,2639	0,5083783	-5,4	-762,1	-538,0	0,5082477	III	12,8	14,79	739,3	37,6789	0,5081116	-4,4	-747,3	-530,6	0,5079834		
Mittel: 0,5082477(2)																						
Karlsruhe.																						
1900 Nacht Juni 2. 3.																						
9,5 ^h	IV	12,2'	15,275 ^h	748,9	36,1889	0,5083930	-4,0	-763,7	-536,7	0,5082626	III	11,1'	14,79 ^h	737,1	37,6460	0,5081174	-3,3	-747,1	-529,1	0,5079894		
10,4	IV	13,6	15,345	748,9	36,1849	0,5083939	-5,0	-767,3	-536,5	0,5082630	III	11,7	14,825	737,1	37,6463	0,5081174	-3,7	-749,2	-529,1	0,5079892		
11,3	IV	14,0	15,40	748,8	36,1831	0,5083942	-5,3	-770,0	-536,4	0,5082630	III	12,3	14,875	737,1	37,6459	0,5081176	-4,0	-750,4	-528,9	0,5079893		
0,1	IV	14,8	15,43	748,7	36,1834	0,5083942	-5,8	-771,5	-536,3	0,5082628	III	11,7	14,88	736,9	37,6470	0,5081174	-3,7	-752,0	-528,8	0,5079890		
Mittel: 0,5082628(5)																						
Signale (Sekundenschlag) bleiben aus; andere Normaluhr des Instituts eingeschaltet.																						
3,1 ^h	IV	14,2'	15,46 ^h	747,8	36,2105	0,5083888	-5,4	-773,0	-535,6	0,5082574	III	12,2'	14,885 ^h	736,4	37,6784	0,5081116	-4,0	-752,1	-528,5	0,5079831		
4,0	IV	14,1	15,465	747,8	36,2109	0,5083887	-5,3	-773,2	-535,6	0,5082573	III	12,7	14,90	736,3	37,6748	0,5081124	-4,3	-752,8	-528,5	0,5079838		
Mittel: 0,5082573(5)																						
Karlsruhe.																						
1900 Nacht Juni 9./10.																						
9,4 ^h	IV	13,8'	16,86 ^h	754,7	36,1777	0,5083955	-5,1	-843,0	-537,9	0,5082569	III	13,8'	15,435 ^h	743,15	37,6658	0,5081140	-5,1	-780,0	-532,2	0,5079823		
10,9	IV	11,3	16,86	754,85	36,1778	0,5083953	-3,4	-843,0	-538,0	0,5082569	III	15,8	15,47	743,3	37,6607	0,5081149	-6,6	-781,8	-532,4	0,5079828		
11,6	IV	13,9	16,86	754,9	36,1780	0,5083953	-5,2	-843,0	-538,0	0,5082567	III	14,6	15,495	743,4	37,6608	0,5081149	-5,6	-783,1	-532,2	0,5079828		
0,4	IV	13,8	16,88	754,9	36,1772	0,5083954	-5,1	-844,0	-538,0	0,5082567	III	14,6	15,515	743,4	37,6600	0,5081149	-5,6	-784,0	-532,2	0,5079827		
1,1	IV	14,1	16,89	754,9	36,1751	0,5083958	-5,3	-844,5	-538,0	0,5082570	III	15,5	15,525	743,25	37,6633	0,5081144	-6,3	-784,5	-532,1	0,5079821		
1,9	IV	14,3	16,88	754,8	36,1738	0,5083960	-5,5	-844,0	-537,9	0,5082573	III	15,9	15,525	743,1	37,6600	0,5081150	-6,7	-784,5	-532,1	0,5079827		
2,8	IV	14,0	16,88	754,65	36,1772	0,5083954	-5,2	-844,0	-537,8	0,5082567	III	15,7	15,515	743,1	37,6600	0,5081150	-6,5	-784,0	-532,1	0,5079827		
3,6	IV	14,1	16,885	754,55	36,1774	0,5083953	-5,3	-844,3	-537,8	0,5082566	III	15,6	15,525	743,0	37,6608	0,5081149	-6,4	-784,5	-532,0	0,5079826		
Mittel: 0,5082568(5)																						
Karlsruhe.																						
1900 Nacht Juni 11./12.																						
9,4 ^h	I	13,7'	16,96 ^h	751,75	36,2272	0,5083859	-5,0	-836,0	-535,7	0,5082482	III	14,25'	15,60 ^h	740,1	37,6585	0,5081153	-5,4	-788,5	-529,8	0,5079829		
10,3	I	15,3	16,97	751,75	36,2275	0,5083855	-6,2	-836,8	-535,6	0,5082476	III	15,3	15,64	740,1	37,6571	0,5081156	-6,2	-790,3	-529,7	0,5079830		
11,2	I	13,6	17,035	751,75	36,2249	0,5083860	-5,0	-839,7	-535,4	0,5082480	III	15,1	15,67	740,1	37,6564	0,5081157	-6,0	-791,6	-529,7	0,5079830		
0,0	I	13,6	17,055	751,85	36,2251	0,5083860	-5,0	-840,6	-535,4	0,5082479	III	15,5	15,69	740,15	37,6554	0,5081159	-6,0	-792,9	-529,7	0,5079830		
0,8	I	13,6	17,08	751,9	36,2228	0,5083865	-5,0	-842,0	-535,5	0,5082482	III	15,1	15,73	740,2	37,6565	0,5081157	-6,0	-794,9	-529,7	0,5079826		
1,7	I	13,7	17,095	751,9	36,2230	0,5083861	-5,0	-842,8	-535,4	0,5082478	III	15,1	15,75	740,3	37,6560	0,5081158	-6,0	-796,0	-529,7	0,5079826		
2,5	I	13,6	17,115	751,95	36,2224	0,5083866	-5,0	-843,7	-535,4	0,5082482	III	14,8	15,74	740,35	37,6547	0,5081159	-5,8	-795,4	-529,7	0,5079828		
3,3	I	13,9	17,13	752,0	36,2233	0,5083862	-5,2	-844,5	-535,4	0,5082477	III	16,1	15,77	740,3	37,6530	0,5081163	-6,9	-796,0	-529,5	0,5079830		
Mittel: 0,5082479(5)																						
Stuttgart.																						
Mittel: 0,50798350 1,00052012																						
Mittel: 0,5079892(6) 1,00053587																						
Mittel: 0,5079834(5) 1,00053919																						
Mittel: 0,5079825(9) 1,00053990																						
Mittel: 0,5079828(6) 1,00052185																						
Mittel: 1,00053922 ± 0,0000024																						

Mittlere Beobachtungszeit	Nummer des Pendels	Amplitude in Minuten	Temperatur ° C.	Luftdruck mm	Dunstdruck mm	Koinzidenzdauer m. Z. in Sekunden	Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	Korrektion wegen			Korrigierte Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	Nummer des Pendels	Amplitude in Minuten	Luftdruck mm	Dunstdruck mm	Temperatur ° C.	Koinzidenzdauer m. Z. in Sekunden	Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	Korrektion wegen			Korrigierte Schwingungsdauer in Sternzeit-Sekunden	t ₁ /t ₂	t ₁ t ₂	
								Amplitude 10 ⁻⁷	Temperatur 10 ⁻⁷	Dichte 10 ⁻⁷									Amplitude 10 ⁻⁷	Temperatur 10 ⁻⁷	Dichte 10 ⁻⁷				
Karlsruhe.																									
1904. Nacht vom 13./14. März.																									
9,6 ^b	VI	14,45'	11,75°	749,3	7,1	36,3429	0,5083630	-5,6	-584,6	-562,5	0,5082477	V	13,6'	737,4	8,6	13,83°	36,3170	0,5083680	-4,9	-690,6	-549,0	0,5082435	0,5081713	1,0000083	
10,4	VI	11,9	11,815	749,1	7,0	36,3402	0,5083634	-3,8	-587,8	-562,3	0,5082480	V	13,8	737,25	8,6	13,84	36,3197	0,5083675	-5,0	-691,0	-548,9	0,5082430		1,0000098	
11,3	VI	14,5	11,89	748,7	6,9	36,3380	0,5083638	-5,6	-591,6	-562,0	0,5082479	V	12,9	737,09	8,6	13,86	36,3172	0,5083680	-4,4	-692,15	-548,7	0,5082435		1,0000087	
0,1	VI	14,0	11,93	748,25	6,8	36,3394	0,5083636	-5,2	-593,5	-561,5	0,5082476	V	13,5	736,79	8,6	13,905	36,3170	0,5083680	-4,8	-693,9	-548,4	0,5082433		1,0000085	
1,1	VIII	14,2	11,945	747,95	6,8	37,0464	0,5082282	-5,3	-598,3	-561,2	0,5081117	VIII	13,8	736,3	8,6	13,945	36,3170	0,5083680	-5,0	-694,9	-548,0	0,5081711		0,9998831	
1,9	VIII	14,0	11,945	747,8	6,8	37,0473	0,5082280	-5,2	-598,3	-561,1	0,5081115	VIII	13,9	736,1	8,6	13,96	36,6892	0,5082960	-5,1	-695,2	-547,8	0,5081712		0,9998825	
2,8	VIII	14,1	11,915	747,7	6,8	37,0455	0,5082284	-5,3	-596,8	-561,1	0,5081121	VIII	13,7	735,9	8,6	13,945	36,6882	0,5082961	-4,9	-694,4	-547,7	0,5081714		0,9998833	
3,6	VIII	14,7	11,88	747,5	6,8	37,0450	0,5082285	-5,7	-595,0	-561,0	0,5081123	VIII	13,9	735,75	8,6	13,945	36,6882	0,5082961	-5,1	-694,2	-547,5	0,5081714		0,9998837	
Stuttgart.																									
Nacht vom 15./16. März.																									
9,5 ^a	VIII	10,5'	11,185°	750,3	6,8	37,0662	0,5082244	-3,0	-560,2	-564,5	0,5081119	VIII	13,8'	738,35	7,7	13,55°	36,7013	0,5082935	-5,0	-674,7	-550,5	0,5081705	0,5081703	1,0000084	
10,3	VIII	14,5	11,255	750,4	7,0	37,0620	0,5082254	-5,5	-563,7	-564,6	0,5081120	VIII	13,9	738,38	7,7	13,60	36,7013	0,5082935	-5,1	-677,2	-550,5	0,5081703		0,9998855	
11,2	VIII	14,35	11,30	750,6	7,0	37,0607	0,5082255	-5,4	-566,0	-564,5	0,5081119	VIII	13,9	738,40	7,7	13,645	36,7003	0,5082938	-5,1	-679,5	-550,4	0,5081703		0,9998851	
0,1	VIII	14,35	11,305	750,9	7,0	37,0598	0,5082258	-5,4	-566,3	-564,6	0,5081122	VIII	13,7	738,55	7,7	13,665	36,6996	0,5082939	-4,9	-680,5	-550,5	0,5081703		0,9998857	
1,2	VI	14,0	11,31	751,2	7,0	36,3501	0,5083614	-5,6	-562,8	-564,8	0,5082481	V	13,6	738,65	7,7	13,74	36,3211	0,5083672	-4,9	-686,1	-550,3	0,5082431		1,0000098	
2,0	VI	14,35	11,295	751,4	6,5	36,3489	0,5083618	-5,4	-562,0	-565,2	0,5082485	V	13,4	738,7	7,7	13,755	36,3192	0,5083675	-4,7	-686,9	-550,3	0,5082433		1,0000102	
2,9	VI	14,15	11,26	751,5	6,5	36,3494	0,5083616 (5)	-5,2	-560,2	-565,4	0,5082486	V	12,9	738,72	7,7	13,755	36,3191	0,5083675	-4,4	-686,9	-550,3	0,5082433		1,0000104	
3,7	VI	14,15	11,24	751,6	6,5	36,3504	0,5083614	-5,2	-559,3	-565,5	0,5082484	V	13,9	738,75	7,7	13,75	36,3196	0,5083674	-4,7	-686,6	-550,3	0,5082432	0,5082432	1,0000102	
Nacht vom 17./18. März.																									
[Störung: Uhr war stehen geblieben.]																									
11,9 ^b	VI	11,9'	11,11°	749,05	6,9	36,3484	0,5083618	-3,9	-552,7	-563,7	0,5082498	V	13,4'	736,3	8,2	13,795°	36,3108	0,5083692	-4,8	-688,8	-548,3	0,5082450	0,5082444 (5)	1,0000094	
0,8	VI	11,6	11,08	749,2	6,9	36,3537	0,5083607	-3,7	-551,2	-564,0	0,5082488	V	13,4	736,6	8,2	13,82	36,3155	0,5083682	-4,8	-690,1	-548,5	0,5082439		1,0000096	
1,8	VIII	12,0	11,075	749,4	6,9	37,0671	0,5082243 (5)	-3,9	-554,7	-564,1	0,5081121	VIII	13,6	737,2	8,2	13,885	36,6971	0,5081700	-4,9	-691,4	-548,9	0,5081700		0,9998861	
2,7	VIII	12,0	11,06	749,7	6,9	37,0697	0,5082239	-3,9	-554,0	-564,3	0,5081117	VIII	13,4	737,15	8,2	13,91	36,6977	0,5082944	-4,8	-692,6	-548,7	0,5081698		0,9998857	
4,0	VIII	12,0	11,04	749,8	6,9	37,0752	0,5082228	-3,9	-553,0	-564,3	0,5081107	VIII	13,3	737,25	8,2	13,91	36,7028	0,5082933	-4,7	-692,6	-548,8	0,5081687		0,9998859	
Nacht vom 19./20. März.																									
9,5 ^b	VIII	11,9'	10,865°	759,0	7,4	37,0773	0,5082225	-3,8	-544,2	-571,5	0,5081105	VIII	13,6'	746,69	9,0	13,845°	36,6996	0,5082939	-4,9	-689,4	-556,2	0,5081689	0,5081686 (5)	1,0000095	
10,4	VIII	11,8	10,92	759,0	7,4	37,0767	0,5082226	-3,8	-546,9	-571,4	0,5081104	VIII	13,3	746,72	9,0	13,885	36,6993	0,5082940	-4,7	-691,5	-555,8	0,5081688		0,9998851	
11,2	VIII	11,4	10,94	758,9	7,4	37,0771	0,5082225	-3,5	-547,9	-571,4	0,5081102	VIII	13,6	746,72	9,0	13,915	36,7004	0,5082938	-4,9	-693,0	-555,8	0,5081684		0,9998855	
0,0	VIII	11,5	10,935	758,9	7,4	37,0771	0,5082225	-3,6	-547,7	-571,4	0,5081102	VIII	13,2	746,77	9,0	13,925	36,6996	0,5082939	-4,6	-693,4	-555,8	0,5081685		0,9998853	
1,1	VI	11,2	10,925	759,0	6,8	36,3647	0,5083586	-3,4	-543,5	-571,7	0,5082467	V	13,4	746,72	9,0	13,985	36,3185	0,5083677	-4,7	-698,4	-555,7	0,5082418		1,0000096	
1,9	VI	11,35	10,92	759,1	6,8	36,3634	0,5083588	-3,5	-543,3	-571,7	0,5082470	V	13,0	746,72	9,0	13,995	36,3183	0,5083677	-4,4	-698,9	-555,6	0,5082418		1,0000102	
2,8	VI	10,75	10,905	759,3	6,8	36,3634	0,5083588	-3,1	-542,6	-571,8	0,5082471	V	12,7	746,77	9,0	13,975	36,3187	0,5083670	-4,3	-697,9	-555,8	0,5082418		1,0000104	
3,6	VI	10,7	10,885	759,4	6,8	36,3639	0,5083587	-3,1	-541,5	-572,1	0,5082470	V	13,1	746,85	9,0	13,975	36,3181	0,5083677	-4,5	-697,9	-555,9	0,5082417		1,0000104	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [61](#)

Autor(en)/Author(s): Koch Karl Richard von

Artikel/Article: [Relative Schweremessungen in Württemberg. 82-90](#)