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

Relative Schweremessungen in Württemberg.

V. Messungen auf den Linien: 1. Schwenningen bei Erolzheim. 2. Heilbronn bis Crailsheim. 3. Mergentheim—Weikersheim. 4. Altshausen bis Wurzach. 5. Fischbach a. B. bis Isny.

Mit 1 Tabelle und 1 Karte auf Taf. X.

Von K. R. Koch.

In den Jahren 1906, 1907, 1908 sind die Schwerkraftsmessungen in Württemberg so weit gefördert, daß ein vorläufig als eng genug anzusehendes Netz von Beobachtungsstationen das Land nahezu gleichmäßig überzieht. Abgesehen von einer in der Richtung von Nord nach Süd verlaufenden Linie von Beobachtungsstationen auf dem Tübinger Meridian (von Fürfeld bis Bitz) ist das Land von sieben von West nach Ost verlaufenden Stationslinien durchzogen, nämlich (von Norden beginnend).

1. Linie Mergentheim—Weikersheim
(ungefähre geographische Breite: . . . . . 49, 5°)
2. „ Schwaigern—Crailsheim
(ungefähre geographische Breite: . . . . . 49, 1°)
3. „ Herrenalb—Bopfingen
(ungefähre geographische Breite: . . . . . 48, 8°)
4. „ Freudenstadt—Ulm
(ungefähre geographische Breite: . . . . . 48, 4°)
5. „ Schwenningen—Erolzheim
(ungefähre geographische Breite: . . . . . 48,15°)
5 a. „ Altshausen—Wurzach
(ungefähre geographische Breite: . . . . . 47, 9°)
6. „ Fischbach—Isny
(ungefähre geographische Breite: . . . . . 47, 7°)

Sollte sich das Bedürfnis nach einer weiteren Verengung des Netzes herausstellen, so wäre zwischen den Linien 1 und 2, 2 und 3, 3 und 4, 4 und 5, je eine weitere Linie einzuschieben, wodurch sich der nordsüdliche Abstand der Linien auf ca. 12—13 Bogenminuten verkürzen würde; die zwischen 5 und 6 liegende Linie ist bereits

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

eingeschoben und mit 5 a bezeichnet. Damit würde dann der nordsüdliche Abstand der Stationen ungefähr gleich dem ostwestlichen werden. Vorläufig scheint mir jedoch ein Bedürfnis nach einem derartig engen Netz nicht vorzuliegen; eine Vermehrung der Linien und damit eine weitere Verengung des Netzes mag hinausgeschoben werden, bis die Methoden noch weiter verfeinert und damit die mittleren Fehler der Resultate entsprechend kleiner geworden sind.

Auch für die drei Beobachtungsjahre 1906, 1907, 1908 wurden in dankenswertester Weise durch das Kgl. Kultministerium und die Stände die Mittel bewilligt und durch die kgl. württ. Telegraphenverwaltung wurden wie auch früher die entsprechenden Telephonverbindungen des Landes zwischen der Zentralstation Stuttgart und dem jeweiligen Beobachtungskeller der Feldstation für die Beobachtungsnächte zur Verfügung gestellt, wofür auch an dieser Stelle den hohen Verwaltungen der wärmste Dank ausgesprochen werden mag. Unterstützt wurde ich ferner bei der Aufstellung der Instrumente, dem Nivellement zum Anschluß an die nächsten Höhenmarken etc. durch Herrn Sammlungsverwalter Klopfer; die synchronen Beobachtungen (auf Feld- und Zentralstation Stuttgart) wurden von mir selbst unter Beihilfe der jeweiligen ersten Assistenten des Physikalischen Instituts (der Herren Kaeser und Keefer) ausgeführt. Die Berechnung der topographischen Korrektion, für welche es mir neben meinen Amtsgeschäften und Arbeiten an Zeit gebrach, hatte Herr Dr. W. Schweydar (Potsdam) die Güte, für mich auszuführen. Allen diesen Herren spreche ich für ihre Mitarbeit meinen verbindlichsten Dank aus.

In bezug auf die Beobachtungsmethode, die benutzten Apparate, die Pendel, die Uhren etc., die beinahe vollkommene Stabilität des Stativs, weise ich auf die früheren Veröffentlichungen hin. (Dies. Jahresh. 1901—1904. Wied. Ann. (4.) Bd. 15. S. 146. 1904. Festschrift Adolf Wullner zum 70. Geburtstag 1905. S. 147 ff.), da an Methode und Apparaten nichts Wesentliches geändert worden ist. Als Beobachtungslokale waren durchweg Kellerräume gewählt, wenn angängig möglichst geräumig und tiefliegend, um Temperaturveränderungen auf einen möglichst geringen Betrag zu halten; da ferner die Beobachtungen im Monat März stattfanden, wenn die äußere Nachttemperatur meist noch unter der der benutzten Kellerräume lag, so konnte leicht durch passendes Lüften die Temperatur des Beobachtungsraumes annähernd konstant gehalten werden.

Die großen Hoffnungen, die ich auf die Konstanz der neuen

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

Pendel (1903 aus Deltametall gefertigt) gesetzt hatte, sind leider nicht in Erfüllung gegangen; im Gegenteil, ihre Unveränderlichkeit hat sich speziell im letzten Jahre — wenigstens die von Pendel No. VI — ganz wesentlich verschlechtert; hierdurch wird natürlich die Zuverlässigkeit der Beobachtungen beeinträchtigt.

Einige allgemeine Betrachtungen über die Beobachtungen und ihre Anordnung dürften deshalb hier am Platze sein. Bisher hatte ich die Pendel in solcher Reihenfolge beobachtet und miteinander verglichen, daß der Beobachter dabei so wenig wie möglich in der Nähe der Pendelkasten zu tun hatte, d. h. es wurde so verfahren daß von den acht Beobachtungsreihen, die in einer Nacht mit den zwei Pendelpaaren ausgeführt wurden, zunächst in der ersten Hälfte der Nacht das eine Paar, dann in der zweiten Hälfte das andere Paar verglichen wurden; ja bei den Übertragungsmessungen Stuttgart—Karlsruhe wurde aus obigem Grunde in einer Nacht nur je ein Pendelpaar verglichen; (da hierbei systematische Fehler unkontrollierbarer Art nicht zu vermeiden sind, so läßt sich natürlich auch, wenn man ohne Neuauflegung der Pendel die Beobachtungsreihen noch so sehr häufen wollte, aus solchen Reihen einer Nacht trotz des natürlich sehr kleinen mittleren Fehlers kein zuverlässiger Wert von g ableiten und die Bemerkungen des Kritikers in der Zeitschr. f. Instrum. Bd. 25 S. 154 fallen damit in sich selbst zusammen). Zu dieser Methode war ich geführt worden, weil ich bemerkt hatte, daß beinahe nach jedem Neuauflegen eines Pendels (wobei also der Beobachter am Pendelkasten zu manipulieren hatte), eine häufig nicht unbeträchtliche Änderung seiner Schwingungsdauer und zwar in nicht kontrollierbarer Weise auftrat. Da es mir wegen der stabilen Konstruktion der Pendel, der absolut festen und sicheren Befestung der Schneide am Pendelkopf, der tadellosen Ebenheit des Achatlagers, das selbst nach der Interferenzmethode gegen eine plane Glasplatte keine Unregelmäßigkeiten bemerken ließ, sehr unwahrscheinlich erschien, daß mechanische Unvollkommenheiten diese Änderungen in der Schwingungsdauer hervorrufen sollten, so schob ich es auf die durch die Annäherung des Beobachters und seiner Beleuchtungslampe hervorgerufenen Temperaturschwankungen, die durchaus nicht immer positiver Natur waren (also nicht immer in Temperaturerhöhungen bestanden[1]), wie dies direkte Beobachtungen

[1] Die negativen Temperaturänderungen erklären sich wohl am einfachsten durch Bildung horizontaler labiler Schichten.

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

ergaben. Sorgfältige systematische Untersuchungen verschiedenster Art führten mich jedoch nach und nach zu der Anschauung, daß die Änderungen der Schwingungsdauern bei der Neuauflegung der Pendel doch nicht durch Temperaturänderungen verursacht sein können, daß dieselben vielmehr doch auf rein mechanische Ursachen, also wohl auf eine gewisse Unvollkommenheit der Pendelschneide zurückgeführt werden müssen; es würde zu weit führen, auf die Einzelheiten dieser mühsamen und zeitraubenden Beobachtungen, die der Lage des Instituts wegen nur nachts zuverlässige Resultate ergeben konnten, hier näher einzugehen. Deshalb wurde die frühere Beobachtungsmethode verlassen und mit den vier Pendeln, die die No. V, VI, VII, VIII trugen, von denen V und VII auf der Zentralstation in Stuttgart verblieben, VI und VIII auf die Feldstationen mitgenommen wurden, nach folgendem Schema beobachtet. Es wurde verglichen

Pendel	V	mit	Pendel	VI
„	VII	„	„	VI
„	VII	„	„	VIII
„	V	„	„	VIII
„	V	„	„	VI

u. s. f.

Hierdurch wird noch der weitere Vorteil erreicht, daß man, da die Pendel in gewisser abwechselnder Reihenfolge beobachtet werden, die Pendel derselben Station (also V und VII oder VI und VIII) in bezug auf ihre reduzierten Schwingungsdauern miteinander vergleichen kann, weil der während der Beobachtungsnacht sich etwa ändernde Uhrgang bei solcher Beobachtungsverteilung über die ganze Nacht nur in geringem Maße sich bemerkbar machen wird; haben sich die Pendel nicht geändert, so muß die so beobachtete Differenz der Schwingungsdauern immer dieselbe sein; hierbei ist der Einfluß der Änderung der Schwerkraft von Ort zu Ort als unerheblich nicht zu berücksichtigen. Leider ändert sich nun aber diese Differenz, wie die Beobachtungen ergeben, nicht unerheblich für die Pendel der Feldstationen (No. VI und VIII.) Sie bleibt nahezu vollkommen konstant für die beiden auf der Zentralstation verbleibenden Pendel (also No. V und VII); sie hat aber für die beiden anderen (Feldpendel) auf der Zentralstation vor der Reise einen anderen Wert als nach derselben, auf den Feldstationen stimmt ihr Wert manchmal mit dem auf der Zentralstation vor der Reise, manchmal mit dem

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

auf der Zentralstation nach der Reise, manchmal mit dem Mittelwert aus beiden überein.

Betrachten wir an einem Beispiel diese Verhältnisse während der Campagne 1908. Pendel V und VII blieben auf der Zentralstation Stuttgart. Die Differenz ihrer Schwingungsdauern war

vor der Reise	0,0000716(9)	Sek.
nach „ „	0,0000722(0)	„
Differenz	0,0000005(1)	„

Diese Differenzänderung war so gering, daß wir die Pendel als konstant geblieben ansehen wollen. Dagegen ergaben sich für die Pendel VI und VIII, die auf die Feldstationen mitgenommen waren, für diese Differenzen folgende Größen bei der Beobachtung auf der Zentralstation

vor der Reise	0,0001421(6)	Sek.
nach „ „	0,0001280(3)	„
Differenz	0,0000141(3)	„

Bei diesen beiden Pendeln hat sich also während der Reise die Differenz ihrer reduzierten Schwingungsdauern nicht unwesentlich geändert; da sie vorher und nachher auf der Zentralstation auch einzeln mit den als invariabel anzusehenden Pendeln V und VII verglichen worden sind, so läßt sich auch leicht feststellen, in welchen Beträgen sie sich einzeln geändert haben; da ergeben sich dann folgende Differenzen:

	VI—V	VI—VII	V—VIII	VII—VIII
Vor der Reise	0,0000363(9)	0,0001080(8)	0,0001057(7)	0,0000340(8)
Nach der Reise	0,0000209(0)	0,0000931(0)	0,0001071(3)	0,0000349(3)
Änderung . .	– 0,0000154(9)	– 0,0000149(8)	+ 0,0000013(6)	+ 0,0000008(5)

während sich also Pendel VIII gegen V und VII nur unerheblich veränderte, hat Pendel VI seine Schwingungsdauer in starker Weise geändert.

Auch andere Beobachter haben ähnliche Änderungen ihrer Pendel konstatieren können und sehen dieselben als allmählich erfolgend an; für die von mir benutzten Pendel ist dies jedenfalls nicht der Fall; deren Veränderlichkeit muß meines Erachtens auf der bei der Neuaufstellung des Stativs und dem Neuauflegen des Pendels veränderten Auflage der Schneide auf dem Lager beruhen; denn die Werte ändern sich sprungförmig bald in dem einen, bald in dem anderen Sinne, es macht ganz den Eindruck, als nähme das Pendel

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

einmal die eine, das andere Mal eine andere Quasi-Gleichgewichtslage ein. Wiederum mögen die 1908er Messungen als Beispiel hierfür dienen. Wie schon erwähnt, ergeben sich als Differenzen der Schwingungsdauern der Pendel VI und VIII in Stuttgart:

Vor der Reise	0,0001421(6)	Sek.
Nach „ „	0,0001280(3)	„
Also ein Mittelwert	0,0001352(0)	„

Auf den auswärtigen Stationen ergaben sich als Differenzen aus je 8 voneinander unabhängigen Beobachtungsreihen für die Differenz VI—VIII in

Altshausen	0,0001411(6)	Sek.
Waldsee	0,0001415(4)	„
Wurzach	0,0001436(0)	„
Isny	0,0001276(4)	„
Wangen	0,0001354(7)	„
Fischbach	0,0001349(0)	„
Tettnang	0,0001375(0)	„

Es stimmt die Differenz der Schwingungsdauern der Pendel VI und VIII auf den drei ersten Stationen (Altshausen, Waldsee, Wurzach) mit der überein, die in Stuttgart vor der Reise gefunden war, auf der vierten Station (Isny) mit der, wie sie sich nach der Reise in Stuttgart ergab, während sie für die drei letzten Stationen (Wangen, Fischbach, Tettnang) dem Mittelwert (aus vor und nach) nahekommt. Es entsteht nun die Frage, welche Werte soll man bei der Berechnung benutzen?[1] Offenbar geht Hand in Hand mit der Veränderlichkeit der Differenzen der Schwingungsdauern der Pendel VI und VIII in Stuttgart ein Schwanken der Verhältnisse ihrer Schwingungsdauern zu denen der Pendel V und VII, welch letztere ja konstant geblieben sind. So hat man also auch für die

[1] Erinnert mag daran werden, daß sich nach der von mir gewählten Methode synchroner Beobachtungen, durch die bekanntlich der Fehler des Uhrganges herausfällt, die Schwerkraft (g_f) (auf der Feldstation) aus der als bekannt angenommenen Größe der Schwerkraft in Stuttgart (g_{st}) ergibt aus der Formel

$$g_f = g_{st} \left(\frac{t_a}{t_b}\right)^2 \left(\frac{t_b'}{t_a'}\right)^2$$

wo t_a und t_b die in Stuttgart bestimmten Schwingungsdauern zweier Pendel A und B und t_b' die Schwingungsdauer des in Stuttgart verbleibenden Pendels B und t_a' die hiermit gleichzeitig beobachtete Schwingungsdauer des Pendels A auf der Feldstation bedeutet (vergl. die früheren Veröffentlichungen in diesen Jahresh. 1901—04).

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

Verhältnisse der Schwingungsdauern auf der Zentralstation der Pendel VI und VIII zu V und VII (Verhältnis (t_a/t_b) in untenstehender Formel) drei Werte; einen aus den Beobachtungen vor der Reise, einen zweiten aus denen nach der Reise (und zwar als Mittelwert aus je 16 voneinander unabhängigen Beobachtungsreihen) und endlich den Mittelwert aus beiden (vor und nach der Reise). Selbstverständlich wird man bei den enormen Abweichungen, die das Pendel VI im Jahr 1908 zeigte, von der Benutzung der Beobachtungsergebnisse dieses Pendels vorläufig überhaupt absehen und die Ergebnisse nur auf das nahezu invariabel gebliebene Pendel VIII stützen; aber auch bei den Beobachtungen der vorhergehenden Jahre zeigen sich ähnliche Verhältnisse; da bin ich nun so verfahren, daß ich immer den Wert des Verhältnisses der Schwingungsdauern auf der Zentralstation (t_a/t_b) mit dem erhaltenen auf der Feldstation $\left(\frac{t_b'}{t_a'}\right)$ kombiniert habe, der der gleichen Differenz der Schwingungsdauern der Pendel VI und VIII entspricht. Bei Benutzung dieser Methode gelingt es sogar, aus der ganz unbrauchbar erscheinenden Beobachtung mit Pendel VI im Jahre 1908 Werte von g_f zu berechnen, die denen aus den Beobachtungen mit Pendel VIII erhaltenen ganz nahe liegen[2]; es scheint mir letzteres ein schöner Beweis für die Richtigkeit dieses Verfahrens zu sein.

Wie schon erwähnt, bemerkt man bei den Beobachtungen der Jahre 1906 und 1907 ähnliches und folgende mehr tabellarische Übersicht wird ein zutreffendes Bild dieser Verhältnisse geben.

I. Die Messungen im Jahre 1906 (auf dem ca. 48 m Parallel (Linie Schwenningen bis Erolzheim). a) Die Beobachtungen ergaben in Stuttgart folgende Differenzen der reduzierten Schwingungsdauern (aus je 16 voneinander unabhängigen Beobachtungsreihen):

	Pendel V—VII	VI—VIII	VI—V
Vor der Reise	0,0000724(3)	0,0001424(4)	0,0000349(5)
Nach „ „	0,0000721(5)	0,0001445(8)	0,0000383(6)
Mittelwert	—	0,0001435(1)	—
Änderung in Einheiten der 7. Dezimale . . .	— 2(8)	+ 21(4)	+ 34(1)

[2] So daß ich kein Bedenken getragen habe, zur Ermittlung des Endresultates auch die Beobachtungen mit Pendel VI, wenn auch mit geringerem Gewicht, heranzuziehen.

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

	Pendel VI—VII	V—VIII	VII—VIII
Vor der Reise	0,0001073(8)	0,0001074(9)	0,0000350(6)
Nach „ „	0,0001105(2)	0,0001062(2)	0,0000340(6)
Mittelwert	—	—	—
Änderung in Einheiten der 7. Dezimale . . .	+ 31(4)	— 12(7)	— 10(0)

Da, wie aus der ersten Kolumne hervorgeht, die in Stuttgart verbliebenen Pendel V und VII ihre Schwingungsdauer nicht wesentlich geändert haben, also als konstant geblieben anzusehen sind, so ist zu schließen, daß die Schwingungsdauer des Pendels VI und auch die des Pendels VIII und zwar erstere um den 3fachen Betrag der Änderung der letzteren größer geworden ist. Vergleichen wir hiermit die Verhältnisse der Schwingungsdauern beider Pendel mit den in Stuttgart gebliebenen (konstanten) Vergleichspendeln No. V und VII, so ergeben sich aus den je 16 voneinander unabhängigen Vergleichsreihen vor und nach der Reise folgende Werte:

	t_6/t_5	t_6/t_7	t_8/t_7	t_8/t_5
Vor der Reise . . .	1,0000667(0)	1,0002116(7)	0,9999315(0)	0,999789(7)
Nach „ „ . . .	1,0000758(3)	1,0002173(1)	0,9999318(9)	0,999790(9)
Mittelwert	1,0000712(6)	1,0002144(9)	0,9999316(9)	0,999790(3)

b) Die Messungen auf den Feldstationen ergaben zwischen den mitgenommenen Pendeln No. VI und VIII folgende Werte (aus den acht voneinander unabhängigen Beobachtungsreihen der betreffenden Nacht).

	VI—VIII
Erolzheim	0,0001410(0)
Ochsenhausen	0,0001444(3)
Biberach	0,0001418(2)
Buchau	0,0001414(8)
Mengen	0,0001408(2)
Mülheim a. D.	0,0001435(7)
Spaichingen	0,0001440(8)
Schwenningen	0,0001411(6)

Die Differenzen auf den Stationen Erolzheim, Buchau, Mengen und Schwenningen weisen offenbar darauf hin, daß die Beobachtungen vor und nach der Reise in Stuttgart nicht erschöpfend sind, daß noch eine andere Quasi-Gleichgewichtslage existieren muß mit einer

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

kleineren Differenz der Schwingungsdauern der Pendel VI und VIII, die sich bei den Beobachtungen in Stuttgart nicht herausgestellt hat. Um den wahren Werten am nächsten zu kommen, wurden für die Berechnungen benutzt als Werte der Verhältnisse t_a/t_b:

für Erolzheim aus den Messungen vor der Reise
„ Ochsenhausen „ „ „ nach „ „
„ Biberach „ „ „ vor „ „
„ Buchau „ „ „ „ „ „
„ Mengen „ „ „ „ „ „
„ Mühlheim der Mittelwert aus vor und nach.
„ Spaichingen aus den Messungen nach der Reise
„ Schwenningen „ „ „ vor „ „

II. Die Messungsn im Jahr 1907 (auf den Linien a) Heilbronn bis Crailsheim, b) Mergentheim—Weikersheim).

a) Die Beobachtungen ergaben in Stuttgart folgende Differenzen der reduzierten Schwingungsdauern:

	Pendel V—VII	VI—VIII	VI—V
Vor der Reise	0,0000721(2)	0,0001445(5)	0,0000379(6)
Nach „ „	0,0000724(1)	0,0001425(2)	0,0000373(8)
Mittelwert		0,0001435(4)	
Änderung in Einheiten der 7. Dezimale . . .	+ 2(9)	— 20(3)	— 5(8)

	Pendel VI—VII	V—VIII	VII—VIII
Vor der Reise	0,0001100(8)	0,0001065(9)	0,0000344(7)
Nach „ „	0,0001097(9)	0,0001051(4)	0,0000327(3)
Mittelwert			
Änderung in Einheiten der 7. Dezimale . . .	— 2(9)	— 14(5)	— 17(4)

Wiederum hat sich die Differenz der Schwingungsdauern der in Stuttgart verbliebenen Pendel V und VII nahezu nicht geändert und damit sind auch diese selbst als konstant geblieben anzusehen. Auch die Schwingungsdauer des Pendels VI scheint nicht auf wesentliche Änderungen hinzudeuten, dagegen scheint die Schwingungsdauer diesmal von Pendel VIII nicht unwesentlich größer geworden zu sein. Diese Differenzen auf der Zentralstation entsprechen nun

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

folgende Verhältnisse der Schwingungsdauern der beiden Feldpendel VI und VIII mit den auf der Zentralstation gebliebenen Pendeln (V und VII) vor und nach der Reise, ermittelt durch je 16 voneinander unabhängige Beobachtungsreihen.

	t_6/t_5	t_6/t_7	t_8/t_7	t_8/t_5
Vor der Reise . . .	1,0000745(3)	1,0002162(1)	0,9999325(8)	0,9997923(7)
Nach „ „ . . .	1,0000736(8)	1,0002159(2)	0,9999354(6)	0,9997932(6)
Mittelwert	1,0000741(1)	1,0002160(6)	0,9999340(2)	0,9997928(2)

b) Die Messungen auf den Feldstationen ergaben zwischen den mitgenommenen Pendeln No. VI und VIII folgende Werte aus den acht voneinander unabhängigen Beobachtungsreihen der betreffenden Nacht:

	Pendel No. VI—VIII
Heilbronn	0,0001421(5)
Eschenau	0,0001401(1)
Halle	0,0001418(3)
Großaltdorf	0,0001414(5)
Crailsheim	0,0001400(8)
Mergentheim	0,0001427(8)
Weikersheim	0,0001411(6)

Diese Differenzen liegen sämtlich der auf der Zentralstation nach der Reise ermittelten am nächsten; auch hier weisen die auf den Stationen Eschenau und Crailsheim auf mögliche kleinere Werte dieser Differenzen hin, die aber bei den Beobachtungen auf der Zentralstation Stuttgart nicht aufgetreten sind.

Für die Berechnung der Größen $g_{(f)}$ der Feldstation werden mithin nur die nach der Reise auf der Zentralstation ermittelten Verhältnisse (t_a/t_b) der Schwingungsdauern zu benutzen sein.

III. Die Messungen im Jahr 1908 (auf den Linien a) Altshausen bis Wurzach; b) Fischbach bis Isny).

Der Vollständigkeit und Übersichtlichkeit mögen die z. T. schon oben gegebenen Tabellen hier nochmals folgen.

Die Beobachtungen ergaben in Stuttgart folgende Differenzen der reduzierten Schwingungsdauern.

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

	Pendel V—VII	VI—VIII	VI—V
Vor der Reise	0,0000716(9)	0,0001421(6)	0,0000363(9)
Nach „ „	0,0000722(9)	0,0001280(3)	0,0000209(0)
Mittelwert		0,0001352(0)	
Änderung in Einheiten der 7. Dezimale . . .	+ 5(1)	— 141(3)	— 154(9)

	Pendel VI—VII	V—VIII	VII—VIII
Vor der Reise	0,0001080(8)	0,0001057(7)	0,0000340(8)
Nach „ „	0,0000931(6)	0,0001071(3)	0,0000349(3)
Mittelwert			
Änderung in Einheiten der 7. Dezimale . . .	— 149(8)	+ 13(6)	+ 8(5)

Auch in diesem Jahr ist, wie schon oben bemerkt, die Änderung der Differenz der Schwingungsdauern der Pendel V und VII innerhalb der Grenzen der Beobachtungsgenauigkeit geblieben, die Pendel können also als konstant geblieben angesehen werden; dagegen hat von den Feldpendeln VI und VIII das Pendel VI sehr wesentlich seine Schwingungsdauer geändert und zwar ist sie, wie aus Kolumne 3 und 4 hervorgeht, kleiner geworden; die Schwingungsdauer von Pendel VIII scheint ebenfalls etwas abgenommen zu haben.

Zieht man hierzu die Verhältnisse der Schwingungsdauern auf der Zentralstation vor und nach der Reise, so erhält man folgende Tabelle:

	t_6/t_5	t_6/t_7	t_8/t_7	t_8/t_5
Vor der Reise . . .	1,0000716(4)	1,0002134(8)	0,9999334(3)	0,9997907(6)
Nach „ „ . . .	1,0000424(1)	1,0001833(6)	0,9999313(1)	0,9997886(1)
Mittelwert	1,0000570(3)	1,0001984(2)	0,9999323(7)	0,9997896(9)

b) Die Differenzen der Feldpendel VI und VIII auf den Feldstationen betrugen:

	No. VI—VIII.
Altshausen	0,0001411(6)
Waldsee	0,0001415(4)
Wurzach	0,0001436(0)
Isny	0,0001276(4)
Wangen	0,0001354(7)
Tettnang	0,0001375(0)
Fischbach	0,0001349(0)

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

Man würde also, wenn man wieder verfährt, wie bisher, zu benutzen haben für die Berechnung der Werte $g_{(f)}$ für Altshausen, Waldsee, Wurzach den Verhältniswert (t_a/t_b), der sich aus den Beobachtungen vor der Reise ergibt; für die Station Isny den sich nach der Reise ergebenden und für die drei letzten Stationen den Mittelwert. Wie man sieht, gibt das für das nahezu invariabel gebliebene Pendel VIII nur in der Größe des mittleren Fehlers gelegene Änderungen, jedoch interessant ist es, daß man auf diese Weise bei Mitbenutzung von Pendel VI ganz brauchbare Werte erhält. Eine kleine Tabelle gibt darüber Aufschluß.

	A	B
Altshausen	980 . 717	980 . 714
Waldsee	. 721	. 719
Wurzach	. 707	. 707
Isny	. 660	. 659
Wangen	. 692	. 692
Tettnang	. 712	. 711,5
Fischbach	. 729	. 729

In Kolumne A sind alle Werte, also auch die durch Pendel VI erhaltenen benutzt und zu einem Mittel vereinigt; Kolumne B enthält die, welche sich allein auf die Beobachtungen mit Pendel VIII stützen; als Schlußwerte habe ich die Mittel aus A und B genommen. Die durch Pendel VIII erhaltenen Werte gehen also mit dreifachem Gewichte ein.

Die Stationen und ihre Lage.

A im Jahre 1906. Wie schon erwähnt, lagen die Stationen ungefähr auf dem Parallel von 48,15° Breite; von West gegen Ost aufgezählt waren es: Schwenningen, Spaichingen, Mühlheim a. D., Mengen, Buchau, Biberach, Ochsenhausen, Erolzheim.

B im Jahre 1907. Die Stationen Heilbronn, Eschenau, Hall, Großaltdorf, Crailsheim lagen ungefähr auf einem mittleren Parallel von 49,0° Breite; eine zweite ostwestliche Linie bildeten die Stationen Mergentheim und Weikersheim in ungefähr 49,5° Breite.

C im Jahre 1908. Die eine Linie der Stationen verlief auf dem Parallel von ca. 27,9° Breite: Altshausen, Waldsee, Wurzach, die andere auf dem Parallel von ca. 47,7° Breite, nämlich: Fischbach, Tettnang, Wangen, Isny.

Die folgende tabellarische Übersicht gibt die Einzelheiten. Die Höhen (der Pendellinsen) über N. N. wurden ohne Ausnahme durch

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

ein kleines Nivellement bestimmt, das an die nächste festbestimmte Höhenmarke anschloß. Die Höhenpunkte waren uns gütigst vom Kgl. Statistischen Landesamt mitgeteilt.

A. 1906.

Station	Ort und Lage des Beobachtungsraums	Ungefähre Höhendifferenz des Raums gegen die Umgebung	Höhe der Pendellinse m. N.N.
Erolzheim . . .	Großer Keller im Gasthaus zum Ochsen	— 2 m	553,2
Ochsenhausen . .	Sehr großer Keller im alten Kloster	— 3,5 „	601,2
Biberach	Kleinerer Kellerraum im alten Spital	— 1 „	533,3
Buchau a. F. . .	Keller im alten Schloß	— 2,5 „	586,3
Mengen	Kleinerer Keller im Schulhaus	— 2 „	560,35
Mühlheim a. D. .	Kleinerer Keller im Schulhaus	— 2 „	674,0
Spaichingen . . .	Großer Keller im Museum	— 2,5 „	661,0
Schwenningen . .	Großer Souterrainraum in Fabrik	— 0,5 „	699,3

B. 1907.

Station	Ort und Lage des Beobachtungsraums	Ungefähre Höhendifferenz des Raums gegen die Umgebung	Höhe der Pendellinse m. N.N.
Heilbronn . . .	Großer Keller im Kameralamt	— 2,5 m	164,7
Eschenau	Großer Keller unter der Scheuer der Wirtschaft zur Krone	— 3,5 „	223,6
Hall	Mittelgroßer Keller in einem alten städtischen Gebäude	— 3,0 „	284,4
Großaltdorf . . .	Großer Keller im Gasthof zur Schwane	— 3,0 „	403,2
Crailsheim . . .	Großer Keller im Schulhaus	— 2,0 „	413,5
Mergentheim . .	Kleiner Keller im Städtischen Lehrerhaus	— 2,0 „	203,7
Weikersheim . .	Großer Keller im Pfarrhaus	— 3,5 „	226,8

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

C. 1909.

Station	Ort und Lage des Beobachtungsraums	Ungefähre Höhendifferenz des Raums gegen die Umgebung	Höhe der Pendellinse m. N.N.
Altshausen . . .	Großer Keller im Schloß	— 4,0 m	584,7
Waldsee	Mittelgroßer Keller im alten Kameralamt	— 3,0 „	590,0
Wurzach	Kleiner Souterrainraum im Haus des Arztes [1]	— 1,5 „	649,0
Fischbach . . .	Kleinerer Souterrainraum im neuen Schulhaus	— 1,5 „	404,9
Tettnang	Kleinerer Keller im Rathaus (a. Schloß)	— 2,0 „	460,4
Wangen	Großer Keller im Oberamt	— 3,5 „	553,4
Isny	Großer Keller im Rathaus	— 3,0 „	701,3

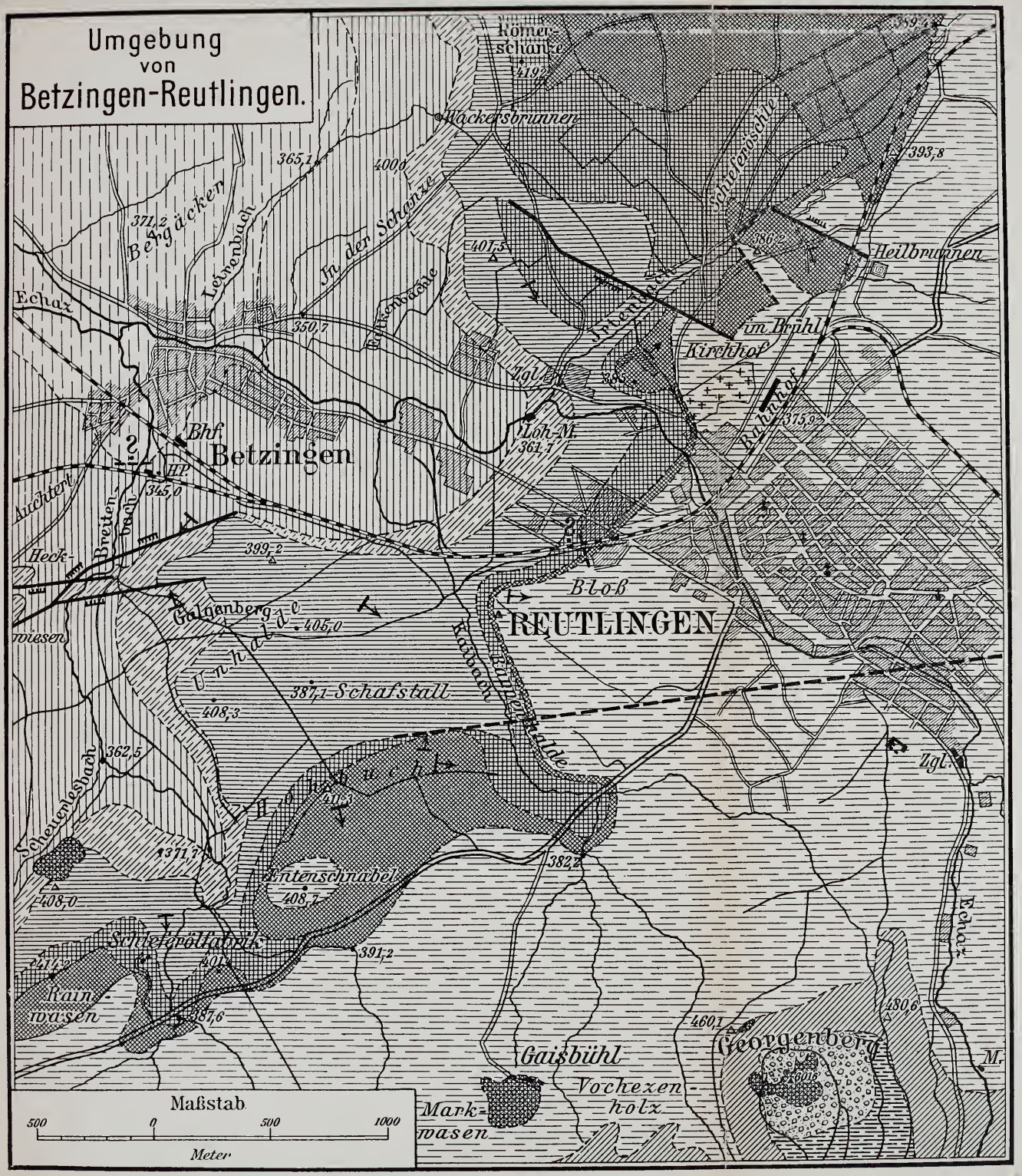
Bei der Berechnung der Endwerte bin ich so verfahren, daß ich aus jeder einzelnen Beobachtungsreihe den Endwert $g_{(f)}$ berechnet und dann aus allen das Mittel genommen und den mittleren Fehler des Resultates in gewöhnlicher Weise hieraus berechnet habe; mir erscheint diese Methode besser als die der Abschätzung der Genauigkeit der einzelnen Bestandteile, aus denen sich die Schlußgröße zusammensetzt. Der verhältnismäßig geringe mittlere Fehler darf jedoch nicht als Maßstab für die tatsächliche Zuverlässigkeit des voranstehenden Schlußwertes angesehen werden. Häufige Wiederholungen der Messungen in verschiedenen Nächten an denselben Stationen, die zum Zwecke des Nachweises einer zeitlichen Änderung der Schwerkraft seit Jahren von mir durchgeführt sind, geben für jede Nacht dieselben geringen mittleren Fehler, während die jeweiligen Schlußwerte recht merklich in den verschiedenen Nächten voneinander abweichen können. Die merkwürdige Abweichung des Wertes für Heilbronn möchte vielleicht auch so zu erklären und die Abweichung nicht real sein. Es können deshalb die auf beigegebener Karte gezogenen Linien gleicher Schwerkraftsanomalie auch nur mehr ein ungefähres provisorisches Bild der wahrscheinlichen Verteilung der Schwerkraft bieten. Die früheren Messungen aus den Jahren 1900, 1902, 1903 sind für die Karte nach den neuen Helmert'schen Formeln berechnet, z. T. sind fehlerhafte Gesteinsdichtigkeiten durch richtigere Werte ersetzt. Für die Angabe derselben bin ich Herrn Prof. Dr. Sauer hier zu großem Dank verpflichtet.

[1] Wegen des Mooruntergrundes sind Keller dort nicht vorhanden.

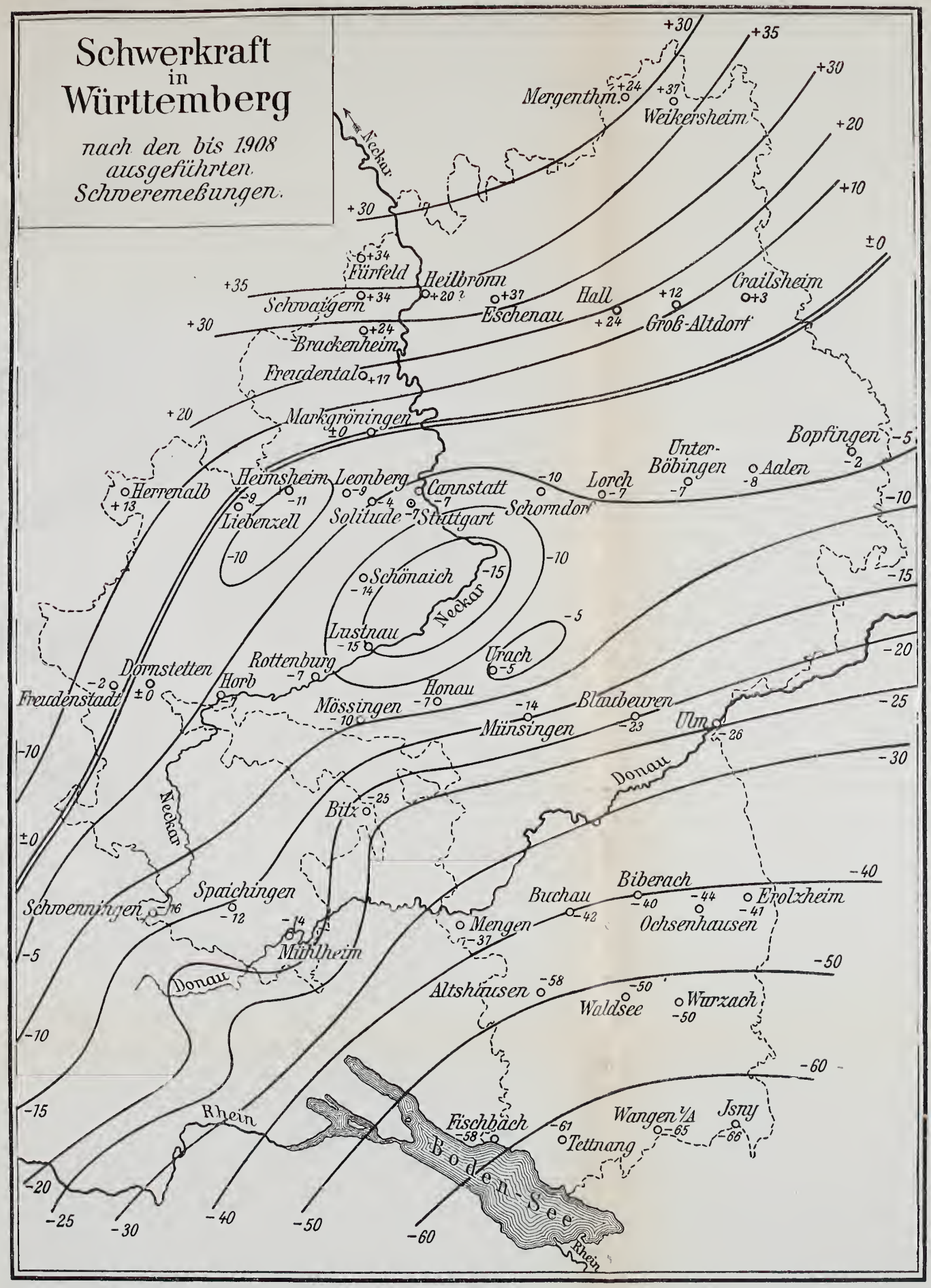
Stuttgart, April 1909.

Phys. Institut der Tech. Hochschule.

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



©Naturwissenschaftl. Vereinigung Baden-Württemberg; www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



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

Tabelle.

Ort	Datum der Beobachtung (Nacht)	Geographische Länge ö. Gr.	Geographische Breite N.	H = Höhe der Pendellinse N. N.	g beob. = Beobachtete Schwerkraft	Mittlerer Fehler	Gesteinsdichtigkeit	$g_0' = g_{beob.} + \Delta$, $\Delta = +0{,}0003086\,H$	$g_0'' = g_0' - \frac{3}{4}\frac{s}{s_m}\cdot\Delta + \text{Top. Corr.}$	Topogr. Corr. in Einh. der 3. Dec.	$\gamma_0 = 978{,}046\,(1 + 0{,}005302 \sin^2\varphi - 0{,}0_5 7 \sin^2 2\varphi)$	$g_0'' - \gamma_0$
	1906.			m	cm					+		cm
Schwenningen	April 5./6.	8° 32,1′	48° 3,8′	699,3	980 . 7527	± 0,0013	2,6	980 . 9685	980 . 8923	0,1	980 . 9087	— 0,0164
Spaichingen .	„ 3./4.	8 44,75	„ 4,2	661,1	. 7687	± 0,0015	2,8	. 9727	. 8977	2,8	. 9092	— 0,0115
Mülheim a. D. .	31. März/1. April	8 53,35	„ 1,4	674,0	. 7574	± 0,0013	2,7	. 9654	. 8908	1,7	. 9051	— 0,0143
Mengen . . .	März 29./30.	9 19,75	„ 2,8	560,35	. 7558	± 0,0010	2,48	. 9287	. 8706	0,3	. 9072	— 0,0366
Buchau . . .	„ 27./28.	9 36,8	„ 3,1	586,3	. 7410	± 0,0010	2,4	. 9219	. 8654	0,1	. 9076	— 0,0422
Biberach . . .	„ 24./25.	9 47,6	„ 5,5	533,3	. 7575	± 0,0013	2,3	. 9221	. 8711	0,4	. 9112	— 0,0401
Ochsenhausen	„ 22./23.	9 57,2	„ 3,9	601,3	. 7370(5)	± 0,0010	2,3	. 9226	. 8646	0,0	. 9088	— 0,0442
Erolzheim . .	„ 20./21.	10 4,25	„ 5,25	553,2	. 7335	± 0,0011	2,3	. 9242	. 8710	0,2	. 9113	— 0,0403
	1907.											
Heilbronn . .	März 11./12.	9° 13,25′	49° 8,5′	164,7	980 . 9935	± 0,0007	2,65	981 . 0443	981 . 0263	0,3	981 . 0057	+ 0,0206
Eschenau . .	„ 13./14.	9 24,25	„ 8,35	223,6	. 9873	± 0,0024	2,60	. 0563	. 0432	1,3	. 0060	+ 0,0372
Hall	„ 15./16.	9 44,0	„ 6,8	284,4	. 9680	± 0,0013	2,62	. 0558	. 0268	3,0	. 0030	+ 0,0238
Gro Saltdorf .	„ 18./19.	9 53,75	„ 7,3	403,2	. 9347	± 0,0014	2,59	. 0591	. 0154	0,1	. 0038	+ 0,0116
Crailsheim . .	„ 20./21.	10 4,25	„ 8,3	413,5	. 9263	± 0,0023	2,63	. 0539	. 0084	0,1	. 0054	+ 0,0030
Mergentheim .	„ 22./23.	9 46,0	„ 29,5	203,7	981 . 019(3)	± 0,0009	2,57	. 0822	. 0616	1,3	. 0371	+ 0,0245
Weikersheim .	„ 25./26.	9 53,75	„ 28,7	226,8	. 026(1)	± 0,0012	2,57	. 0961	. 0730	1,3	. 0358	+ 0,0372
	1908.											
Altshausen . .	März 17./18.	9° 32,25′	47° 56,0′	584,7	980 . 715(3)	—	2,3	980 . 8957	980 . 8393	0,0	980 . 8970	— 0,0577
Waldsee . . .	„ 19./20.	9 45,25	„ 55	590,0	. 720(2)	—	2,3	. 9023	. 8456	0,2	. 8955	— 0,0499
Wurzach . . .	„ 21./22.	9 53,8	„ 54,4	649,0	. 706(7)	—	2,3	. 9070	. 8446	0,2	. 8947	— 0,0501
Fischbach . .	„ 28./29.	9 24,5	„ 40,2	404,9	. 729(2)	—	2,3	. 8541	. 8154	0,3	. 8733	— 0,0579
Tettnang . . .	März 31./April 1.	9 35,8	„ 40,0	460,4	. 713(7)	—	2,3	. 8558	. 8119	0,5	. 8730	— 0,0611
Wangen i. A.	März 26./27.	9 50,0	„ 41,0	553,4	. 692(35)	—	2,3	. 8631	. 81035	0,6	. 8745	— 0,0642
Isny	„ 24./25.	10 2,25	„ 41,5	701,3	. 659(3)	—	2,3	. 8757	. 8088	0,7	. 8753	— 0,0665

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: 1909

Band/Volume: 65

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

Artikel/Article: Relative Schweremessungen in Württemberg. 275-288