

### III. Original-Abhandlungen und Mitteilungen.

#### Relative Schweremessungen in Württemberg.

II. Messungen auf 10 Stationen des Pariser Parallel (Bopfingen, Aalen, Unterböbingen, Lorch, Schorndorf, Cannstatt, Leonberg, Heimsheim, Liebenzell, Herrenalb).

Von **K. R. Koch**.

Mit einem Anhang: Ein Hypsometer mit elektrischer Temperaturmessung.

Die im Jahre 1900 auf 10 Stationen des Tübinger Meridians ausgeführten Schweremessungen wurden in den Monaten März bis April ds. Js. (1902) fortgesetzt; aus verschiedenen Gründen waren diesmal die Stationen in der Weise ausgewählt, dass sie nahezu auf einem Parallelkreise lagen<sup>1</sup>. Die in der Überschrift bezeichneten Stationen lagen im Mittel ca. 15 km voneinander entfernt.

Im Sommer 1901 waren auf diesen Stationen durch die Ortsbehörden passende Keller in Vorschlag gebracht, unter welchen Herr Mechaniker C. KLOPPER den sich am besten eignenden aussuchte, in dem in der Zeit vom August bis September die Einmauerung des in der ersten Mitteilung<sup>2</sup> p. 359 beschriebenen Trägers für das Pendelstativ in der dort ebenfalls angegebenen Weise erfolgte. Da die Auswahl des Beobachtungskellers im Hochsommer erfolgte, so war es natürlich nicht ausgeschlossen, dass im Frühjahr (der Zeit der Beobachtung) die Grundwasserverhältnisse auf den Stationen und in den Kellerräumen andere waren als im Sommer.

<sup>1</sup> Einem Vorschlage des Herrn Geh. Rat HAID, den derselbe seiner Zeit auf der Generalkonferenz in Berlin gemacht hatte, entsprechend, wurde der Parallel von Paris gewählt.

<sup>2</sup> Diese Jahresh. Jahrg. 1901 p. 356 ff. Im folgenden einfach als „l. c. I p. . .“ bezeichnet.

In der That war auch auf einigen Stationen die Beobachtung durch auftretendes Wasser im Beobachtungsraum erschwert und z. T. sogar in Frage gestellt.

Benutzt wurden dieselben Pendel I, II, III, IV, wie bei den Beobachtungen auf dem Tübinger Meridian; überhaupt war das ganze Verfahren ungefähr das gleiche wie bei den Messungen des Jahres 1900; nur verblieben diesmal die Pendel III und IV auf der Centralstation Stuttgart, während die Pendel I und II auf den Feldstationen verwendet wurden.

Wie die Diskussion der Beobachtungen des Jahres 1900 (l. c. I p. 390 ff.) ergab, war die Unveränderlichkeit der Pendel keine vollkommene. Die Ursache konnte in gewissen mit der Temperatur veränderlichen Spannungsverhältnissen im Material der Pendelstange gesucht werden, durch welche Verbiegungen und damit Längenänderungen hervorgerufen sein mochten; um diese möglichst zu beseitigen, wurden die Pendel einem gewissen Temperungsverfahren unterworfen, indem dieselben mehrfach (ca. 12—15mal) auf 100° erwärmt und langsam wieder abgekühlt wurden. Entsprechend den Erfahrungen am Glase durfte man dann die Hoffnung hegen, dass hierdurch Spannungen, sofern solche vorhanden gewesen waren, möglichst ausgeglichen waren; allerdings war zu vermuten, dass damit auch der Temperaturkoeffizient der Pendel eine Änderung erfahren haben dürfte.

Eine neue Bestimmung desselben in dem (l. c. I p. 381 ff.) beschriebenen elektrisch geheizten Thermostaten ergab eine solche Änderung wenigstens für die Pendel II und III; gefunden wurde durch je 3 voneinander unabhängigen Bestimmungen:

	Pendel I	Pendel II	Pendel III	Pendel IV
I	49,02 . 10 <sup>-7</sup>	50,80 . 10 <sup>-7</sup>	49,61 . 10 <sup>-7</sup>	49,70 . 10 <sup>-7</sup>
II	48,72 . 10 <sup>-7</sup>	50,01 . 10 <sup>-7</sup>	51,50 . 10 <sup>-7</sup>	50,30 . 10 <sup>-7</sup>
III	49,97 . 10 <sup>-7</sup>	50,00 . 10 <sup>-7</sup>	50,50 . 10 <sup>-7</sup>	50,40 . 10 <sup>-7</sup>
Mittel	49,25 . 10 <sup>-7</sup>	50,27 . 10 <sup>-7</sup>	50,54 . 10 <sup>-7</sup>	50,13 . 10 <sup>-7</sup>

Die durch Beobachtungen im Jahre 1898—1899 ermittelten Werte waren:

49,30 . 10 <sup>-7</sup>	49,50 . 10 <sup>-7</sup>	49,60 . 10 <sup>-7</sup>	50,00 . 10 <sup>-7</sup>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Die Einheit der Zahlen ist die Sekunde.

Dies Ergebnis scheint mir für die Pendel II und III darauf hinzudeuten, dass derartige Spannungen aller Wahrscheinlichkeit nach vorhanden gewesen sind. Zur Reduktion der Schwingungsdauern auf Null Grad wurden bei den diesjährigen Beobachtungen diese neuermittelten Temperaturkoeffizienten benutzt.

Im Anschlusse hieran möge zugleich bemerkt werden, dass für die Korrektur wegen der Luftdichte der bisherige Koeffizient  $575 \cdot 10^{-7}$  beibehalten ist; der Luftdruck wurde vermittelt eines mitgeführten Aneroid (Luft. komp.) ausgeführt, dessen Stand auf jeder Station durch das Hypsothermometer geprüft wurde. Bei den Beobachtungen des Jahres 1900 wurde das dem physikalischen Institut der Technischen Hochschule gehörige Instrument benutzt; dasselbe besass die Mängel der älteren Instrumente: kleines Siedegefäss und Thermometer aus Krystallglase, dessen Nullpunkt von Variationen nicht frei war. Es wurde diesmal ein Siedegefäss von bedeutend grösseren Dimensionen angewandt und das Thermometer durch eines aus Jenenser Normalglas (59 III) hergestelltes von der Firma E. DECKERT (Stuttgart) geliefertes ersetzt, durch das der Luftdruck jedenfalls auf 0,25 mm genau bestimmt erscheint (vergl. übrigens hierüber die im Anhang gegebene Studie über das Hypsothermometer).

Die Methode, um den Fehler des Uhrgangs zu eliminieren, war dieselbe wie bei den Beobachtungen des Jahres 1900, indem (wie l. c. I p. 371 ff. auseinandergesetzt) gleichzeitige Beobachtungen auf der Feld- und Centralstation ausgeführt wurden. Zunächst wurden durch Beobachtungen, die sich über einen grösseren Zeitraum erstreckten, auf der Centralstation die Verhältnisse der Schwingungsdauern des Pendels I gegen III und II gegen IV ( $t_a$ ,  $t_b$ ) im Pendelraum des physikalischen Instituts — also auf der Centralstation — ermittelt; die Verhältnisse dieser Schwingungsdauern  $\frac{t_a}{t_b}$  sind offenbar gleich dem der Quadratwurzeln der reduzierten Pendellängen  $l_a$  und  $l_b$  der verglichenen Pendel, also

$$\frac{t_a}{t_b} = \sqrt{\frac{l_a}{l_b}}$$

Verbleibt nun das eine Paar der Pendel (Index [a]) auf der Centralstation und wird die Schwingungsdauer derselben durch dieselbe Uhr in angegebener Weise (l. c. I p. 372) durch synchrone Beobachtung mit der Schwingungsdauer des anderen Paares (Index [b]) auf

der Feldstation verglichen, so giebt das umgekehrte Verhältniß der so ermittelten Schwingungsdauern  $\frac{t_b'}{t_a'}$  multipliziert mit jener Quadratwurzel des Verhältnisses der reduzierten Pendellängen das Verhältniß der Quadratwurzeln der Schwerebeschleunigung auf der Feldstation ( $g_f$ ) zu der auf der Centralstation ( $g_c$ ), also

$$\frac{t_b'}{t_a'} \cdot \sqrt{\frac{l_a}{l_b}} = \sqrt{\frac{g_f}{g_c}}$$

Die Werte  $t_a$ ,  $t_b$  und  $t_b'$   $t_a'$  sind natürlich mit den Fehlern des Ganges der benutzten Beobachtungsuhr  $f_1$  und  $f_2$  behaftet — die wahren Werte würden also  $t_a f_1$ ,  $t_b f_1$ ,  $t_b' f_2$ ,  $t_a' f_2$  sein —, da jedoch jeweils die Verhältnisse eingehen, so fallen diese Fehler des Uhranges fort. Die für diese Art der Messung notwendige telegraphische Verbindung der Centralstation in Stuttgart mit den Feldstationen wurde ebenso wie bei den früheren Messungen in zuvorkommender Weise von seiten der Kgl. Telegrapheninspektion Stuttgart durch Überlassung der nötigen Telephondoppelleitungen ermöglicht; auf jeder Station wurden durch einen mitgegebenen Telegraphenvorarbeiter Anschlussleitungen in die Beobachtungsräume zu den Coincidenzapparaten geführt. Selbstverständlich konnten solche Beobachtungen nur in der Nacht, also nach Schluss der öffentlichen Dienststunden der Fernsprechämter, stattfinden.

Ich möchte an dieser Stelle Gelegenheit nehmen, der Kgl. Telegrapheninspektion hierfür meinen Dank auszusprechen.

Die Beobachtungen konnten demgemäss abends 9<sup>h</sup> beginnen und waren, falls nicht Störungen eintraten, in der Regel bald nach 3<sup>h</sup> morgens beendet. Nach Schluss derselben wurden die Instrumente sofort reisemässig verpackt, um in den Vormittagsstunden auf die neue Feldstation gebracht zu werden; während die Beförderung des Gros der Instrumente durch die Bahn oder auf einem Fuhrwerk geschah, wurden die Pendel, das Zählchronometer, das Aneroid und das Hypsothermometer von mir und dem zur Hilfe und Assistenz mich begleitenden Herrn C. KLOPFER ausschliesslich persönlich befördert, bei Bahnverbindung in einem Abteil II. Klasse, bei Fehlen einer solchen durch Fussmarsch zur neuen Station. Fahrten in gewöhnlichem Gefährt wurden nach den Erfahrungen früherer Jahre (l. c. I p. 393) bei Beförderung der Pendel grundsätzlich vermieden. Im Laufe des Nachmittags fand die Aufstellung der Apparate im Beobachtungskeller statt, die Pendel wurden in den Pendelkasten gestellt und die Auswechslungsvorrichtung justiert; darauf wurde

der Keller abgeschlossen, so dass das ganze Instrumentarium beinahe 30 Stunden (bis zum Beginn der Beobachtung) sich selbst überlassen blieb und somit Zeit hatte, sich mit der Umgebung in Temperaturgleichgewicht zu setzen. Dies Gleichgewicht wurde leider während der Beobachtung häufig etwas gestört; die Anwesenheit des Beobachters, die notwendige künstliche Beleuchtung erhöhten die Temperatur des Raumes, der Luft im Pendelkasten und damit des Pendels. Der Temperaturanstieg liess sich nun, wenn die äussere Temperatur niedriger war als die Temperatur des Beobachtungsraumes durch eventuelles Öffnen eines Fensters kompensieren; war dies jedoch wie bei den Messungen in Unterböbingen, Bopfingen, Cannstatt, Leonberg und Heimsheim nicht der Fall, so war ein stärkeres Steigen der Temperatur besonders während der ersten Messungsreihen nicht zu vermeiden. Dies geht aus folgender Tabelle hervor; an allen Orten fanden 6 Messungsreihen statt.

Ort	Temperatur während der Messungsreihe						Gesamttemperaturzunahme während 6—7 Stunden	Bemerkungen
	No. I	No. II	No. III	No. IV	No. V	No. VI		
Schorndorf .	5,43	5,49	5,54	5,68	5,66	5,61	+ 0,18	
Lorch . . .	8,09	8,15	8,17	8,27	8,31	8,33	+ 0,24	
U.-Böbingen	6,71	6,98	7,11	7,23	7,23	7,28	+ 0,57	Beob.-Raum sehr klein.
Aalen . . .	6,05	6,12	6,14	6,21	6,19	6,15	+ 0,10	
Bopfingen . .	5,79	5,94	6,02	6,17	6,21	6,22	+ 0,43	Äussere Temp. höher.
Cannstatt . .	9,20	9,38	9,48	9,64	9,64	9,63	+ 0,43	" " "
Leonberg . .	6,26	6,35	6,42	6,58	6,67	6,81	+ 0,55	" " "
Heimsheim . .	6,51	6,64	6,72	6,84	6,88	6,89	+ 0,38	" " "
Liebenzell . .	5,84	5,88	5,91	5,96	5,98	5,98	+ 0,14	
Herrenalb . .	6,55	6,66	6,68	6,82	6,82	6,81	+ 0,26	

Dies Ansteigen der Temperatur würde im allgemeinen nicht schädlich sein, wenn es gelungen wäre, Pendel und Magazinthermometer gegen Temperaturschwankungen in demselben Masse träge zu machen; dies ist mir bis jetzt nicht vollkommen gelungen. Auf der Centralstation im Pendelraum des physikalischen Instituts war diese Fehlerquelle dadurch möglichst verringert, dass sich die Pendel in einem vom Beobachter durch eine Wand getrennten Raum befanden, in den sich der Beobachter nur zum Zweck der Ablesungen am Thermometer oder zur Auswechslung der Pendel zu begeben hatte; die Beobachtungen erfolgten durch eine in der Verbindungsthür befindliche Spiegelglasscheibe.

Es geht aus obigem jedoch hervor, dass sich zur Erreichung einer grösstmöglichen Genauigkeit jedenfalls die wärmere Jahreszeit für diese Messungen schlechter eignet als die kalte; deshalb ist von mir für diese Messungen die Zeit der Frühjahrsferien festgehalten worden.

### Die Stationen.

#### 1. Die Centralstation Stuttgart.

Durch Entgegenkommen des Senats der Kgl. Technischen Hochschule — dem ich an dieser Stelle meinen Dank dafür ausspreche — war dem physikalischen Institut in dem neuerbauten Flügel des Gebäudes der Technischen Hochschule ein Raum, der ca. 5 m unter dem Boden lag, für diese Messungen zur Verfügung gestellt. Wie erwähnt, war dieser Raum durch eine aufgeführte Wand in zwei Teile geteilt, die durch eine Thür mit Spiegelglasscheibe verbunden waren, so dass der Raum, in dem sich die Pendel selbst befanden, von dem, in welchem sich Koincidenzapparat und Beobachter befanden, getrennt war. Hierdurch gelang es, die Temperatur des eigentlichen Pendelraumes während der Dauer eines Beobachtungstages auf 1—2 Zehntel Grade konstant zu halten; der Temperaturanstieg (während der 6stündigen Beobachtungsdauer) erreichte niemals 0,2°. Gegen den früheren Pendelraum lag die Mitte der Pendellinse ca. 5 m weiter nördlich und ca. 50 m östlicher, ferner befand sie sich 3,175 m tiefer als früher. Während die Schwerkraft durch die Verschiebung in horizontaler Richtung eine nennenswerte Änderung nicht erleidet, wird durch jene Höhenänderung eine Zunahme von ungefähr 1 Einheit der 3. Decimale von  $g$  (in cm) zu erwarten sein. Vorbehältlich einer nochmaligen Anschlussmessung an Karlsruhe<sup>1</sup> wird deshalb für diese Messung als Wert der Schwere im neuen Pendelraum der Centralstation

$$g = 980,915 \text{ cm}$$

angenommen werden.

Die Höhe der Mitte der Pendellinse (durch ein Nivellement an die am Gebäude der Technischen Hochschule befindliche Höhenmarke angeschlossen) beträgt:

$$h = 247,32 \text{ m NN.}$$

---

<sup>1</sup> Die erneuerte Anschlussmessung ist erst nach Fertigstellung neuer verbesserter Pendel beabsichtigt; es wird dann die Veröffentlichung des gesamten Beobachtungsmateriales dieser Anschlussmessungen erfolgen.

## 2. Station Bopfingen.

$$\varphi = 48^{\circ} 51,4' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 10 21,1 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 464,8 \text{ m NN.}$$

Das Nivellement zur Ermittlung der Höhe der Pendellinse ist angeschlossen an die am Bahnhofsgebäude angebrachte Höhenmarke  $h = 487,35 \text{ m NN}$ . Die Beobachtungen fanden statt im Keller des Amtshauses. Der Keller hatte gepflasterten Boden und war verhältnismässig trocken. Die Abmessungen des Beobachtungsraumes betragen ca.  $18 \times 4,5 \text{ m}$  bei ca.  $3 \text{ m}$  Gewölbehöhe. Die Sohle des Kellers lag ca.  $2\text{--}3 \text{ m}$  unter dem Niveau der Umgebung. Der Träger für das Pendelstativ befand sich in der SE.-Ecke des Raumes. Die Schwingungsrichtung des Pendels war N.  $50^{\circ}$  W. gegen S.  $50^{\circ}$  E. orientiert. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug  $3070 \text{ mm}$ .

## 3. Station Aalen.

$$\varphi = 48^{\circ} 50,3' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 10 5,5 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 428,6 \text{ m NN.}$$

Das Nivellement war angeschlossen an die Höhenmarke am Verwaltungsgebäude der Eisenbahn ( $h = 432,58 \text{ m NN}$ ). Die Beobachtungen fanden im Keller des Oberamtshauses statt; der Keller hatte gestampften Boden und war verhältnismässig trocken. Die Abmessungen des Raumes betragen ca.  $11 \times 5 \text{ m}$ , die Gewölbehöhe ca.  $2\frac{1}{2} \text{ m}$ . Die Tiefe des Kellers unter dem Niveau der Umgebung betrug ca.  $2,5 \text{ m}$ . Der Träger für das Pendelstativ befand sich in der W.-Ecke des Raumes. Die Schwingungen des Pendels erfolgten in der Richtung von N.  $70^{\circ}$  W. gegen S.  $70^{\circ}$  E. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug  $3060 \text{ mm}$ .

## 4. Station Unterböbingen.

$$\varphi = 48^{\circ} 49,5' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 9 54,9 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 388,5 \text{ m NN.}$$

Das Nivellement war angeschlossen an die am Bahnhofsgebäude befindliche Höhenmarke ( $h = 382,37 \text{ m NN}$ ). Die Beobachtungen fanden im Keller eines Privathauses statt. Da das Gebäude am Berghang lag, so war infolge der Schneeschmelze Grund- und Sicker-

wasser in den Keller getreten und bedeckte die Hälfte des etwas geneigt gelegten Bodens mit einer Schicht von einigen Centimetern Höhe, durch Legen von Brettern konnte indessen die Beobachtung ermöglicht werden. Der Raum war überhaupt infolge seiner geringen Grösse nicht günstig für die Messungen (vergl. in obiger Tabelle den grossen Temperaturanstieg während der Beobachtungen); seine Abmessungen betragen  $4 \times 4$  m bei 2 m Höhe. Da ausserdem die äussere Lufttemperatur beträchtlich über der Temperatur des Beobachtungsraumes lag, so konnte durch Lüften eine Konstanz der Temperatur nicht herbeigeführt werden. Der Raum lag ca. 2,5 m unter dem Niveau der Umgebung. Der Träger für das Pendelstativ war in der E.-Ecke des Hauses eingemauert. Die Schwingungsrichtung des Pendels war ziemlich genau E.  $\rightarrow$  W. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug 2815 mm.

#### 5. Station Lorch.

$$\varphi = 48^{\circ} 47,9' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 9 40,4 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 283,50 \text{ m NN.}$$

Das Nivellement war an die am Verwaltungsgebäude des Bahnhofs befindliche Höhenmarke ( $h = 291,93$  m NN.) angeschlossen. Der Beobachtungsraum befand sich im Keller des neuen Schulhauses, besass Cementboden und war sehr trocken. Der Raum lag ca. 3,5 m unter dem Niveau der Umgebung, seine Abmessungen betragen ca.  $3 \times 6$  m bei 3 m Gewölbehöhe. Der Träger für das Pendelstativ befand sich in der E.-Ecke des Raumes; die Schwingungen des Pendels erfolgten in der Richtung E.  $\rightarrow$  W. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug 2610 mm.

#### 6. Station Schorndorf.

$$\varphi = 48^{\circ} 48,3' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 9 31,5 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 252,6 \text{ m NN.}$$

Das Nivellement war angeschlossen an die Höhenmarke ( $h = 252,76$  m NN.), welche sich am Verwaltungsgebäude des Bahnhofs befand. Der Beobachtungsraum war ein sehr geräumiger Keller im sogenannten „Alten Spital“. Die Abmessungen betragen  $10 \times 15$  m. Die Gewölbehöhe betrug etwas über 4 m. Der Keller lag ca. 4—5 m unter dem Niveau der Umgebung; er war ziemlich

feucht, ohne dass allerdings direkt Wasser sichtbar war. Der eiserne Träger war in der SW.-Ecke des Raumes eingemauert. Die Schwingungsrichtung des Pendels war S.  $43^{\circ}$  W. gegen N.  $43^{\circ}$  E. orientiert. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparats betrug 3070 mm.

#### 7. Station Cannstatt.

$$\varphi = 48^{\circ} 48,35' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 9 \ 13,6 \ \text{ö. Gr.}$$

$$h = 227,6 \text{ m NN.}$$

Der Beobachtungsraum war der Keller des Hauses Taubenheimstrasse 24. Die Abmessungen desselben waren  $6 \times 5$  m bei einer Gewölbehöhe von 3,5 m. Der Keller lag ca. 3—3,5 m unter dem Niveau der Umgebung. Das Nivellement war angeschlossen an die am Eck der Waiblinger- und Taubenheimstrasse befindliche Höhenmarke, deren Höhe nach Mitteilung des Herrn Stadtgeometer Rösch 231,06 m NN. betrug. Der eiserne Träger für das Pendelstativ war in dem E.-Eck des Raumes eingemauert. Die Schwingungsrichtung war ziemlich genau E.  $\leftarrow$  W. orientiert. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug 3050 mm.

#### 8. Station Leonberg.

$$\varphi = 48^{\circ} 48,1' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 9 \ 1,0 \ \text{ö. Gr.}$$

$$h = 384,20 \text{ m NN.}$$

Die Beobachtungen fanden in einem Kellerraum des Rathauses statt. Im Keller befanden sich mehrere tiefe Wasserlöcher, mit gelblichem Wasser angefüllt (Abfallgrube in der Nähe im Hof), der übrige Raum mit Schlamm bedeckt, damit wenig fester Boden für das Stativ des Koincidenzapparates; es war deshalb auch eine allmähliche Senkung desselben noch nach Beginn der Beobachtung — wohl durch die Schläge des Ankers des Elektromagneten des Koincidenzapparates verursacht — nicht zu vermeiden; da somit eine Verlegung des Nullpunktes eintrat, zeigten die Werte der Koincidenzen untereinander keine befriedigende Übereinstimmung; die entstandenen Fehler werden sich jedoch bei der Bildung des Mittels gegenseitig aufheben. Die Dimensionen des Raumes waren  $6 \times 12$  m, die Gewölbehöhe betrug ca. 3,5 m, die Tiefe des Raumes unter dem Niveau der Strasse ca. 4,5 m. Das Nivellement war angeschlossen

an die am Bahnhofsgebäude befindliche Höhenmarke und erhielt eine Kontrolle durch den am Rathaus angebrachten eisernen Bolzen, dessen Höhe 387,56 m NN. betrug. Der Träger für das Pendelstativ befand sich in der NW.-Ecke des Kellers; die Schwingungen des Pendels erfolgten in der Richtung N. 40° W. → S. 40° E. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug 2650 mm.

#### 9. Station Heimsheim.

$$\varphi = 48^{\circ} 48,3' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 8 51,3 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 409,0 \text{ m NN.}$$

Der Beobachtungsraum befand sich im Keller des Pfarrhauses; der Raum war trocken, seine Ausmessungen betragen  $6 \times 12$  m bei 3,3 m Gewölbehöhe; er lag ca. 2—3 m unter dem Niveau der Umgebung. Das Nivellement war angeschlossen an eine Höhenmarke (eiserner Bolzen) am Rathaus, dessen Höhe 403,29 m NN. betrug. Das Pendelkonsol war in der NW.-Ecke des Raumes eingemauert. Die Schwingungsrichtung war N. 50° W. gegen S. 50° E. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug 3040 mm.

#### 10. Station Liebenzell.

$$\varphi = 48^{\circ} 46,4' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 8 43,8 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 334,5 \text{ m NN.}$$

Der Beobachtungsraum war ein ehemaliger, jetzt nicht mehr benutzter Felsenkeller der Brauerei STARK, südlich des Mühlenteiches gelegen. Der Raum war entsprechend der Porosität des Sandsteins verhältnismässig feucht. Die Abmessungen des Raumes betragen  $5 \times 10$  m, die Gewölbehöhe ca. 3 m. Da der Raum stollenförmig in den Berg hineinlief, so ist eine Angabe der Tiefe desselben unter dem Niveau der Umgebung nicht möglich. Das Nivellement war angeschlossen an die Höhenmarke am Verwaltungsgebäude des Bahnhofs ( $h = 321,55$  m NN.). Der eiserne Träger, auf dem das Pendelstativ befestigt wurde, befand sich in der SW.-Ecke des Raumes. Die Schwingungsrichtung des Pendels war S. 70° W. gegen N. 70° E. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug 3050 mm.

## 11. Station Herrenalb.

$$\varphi = 48^{\circ} 47,8' \text{ NB.}$$

$$\lambda = 8 26,1 \text{ ö. Gr.}$$

$$h = 359,6 \text{ m NN.}$$

Der Beobachtungsraum befand sich in einer der vielen Nischen der Unterkellerung des Konversationshauses. Das Konversationshaus liegt auf der Thalsohle, zum Teil umgeben von Matten, die entsprechend der Jahreszeit der Berieselung unterworfen waren. Entweder nun aus dieser Ursache oder wegen der gerade stattfindenden Schneeschmelze auf den umliegenden Höhen fand ich bei meiner Ankunft in Herrenalb in den Kellerräumen ca. 5—10 cm Wasserhöhe und Schlamm vor. Dadurch, dass ein verstopfter Abzugskanal notdürftig geöffnet wurde, mit Schaufeln und Besen Wasser und Schlamm möglichst beseitigt, für den Beobachter Balken und Dielen gelegt wurden, war es möglich, die Beobachtungen auszuführen. Die Dimensionen des Abteils selbst, in dem die Beobachtungen stattfanden, von nur  $6 \times 6$  m, waren allerdings gering, da derselbe aber frei mit den übrigen Kellerräumen kommunizierte, so fand bei einer Gewölbehöhe von 2,5 m doch eine ausreichende Luftcirkulation statt; der Gesamtanstieg der Temperatur während der Beobachtung erreichte deshalb auch noch nicht  $0,3^{\circ}$ . Der Raum lag ca. 2,5 m unter dem Niveau der Umgebung. Das Nivellement zur Bestimmung der Höhe der Pendellinse war an die am Rathaus befindliche Höhenmarke ( $h = 363,07$  m NN.) angeschlossen. Der eiserne Träger für das Pendelstativ befand sich in der E.-Ecke des Raumes, die Schwingungsrichtung des Pendels war ziemlich genau E.  $\rightarrow$  W. Der Abstand des Pendelspiegels von der Skala des Koincidenzapparates betrug 3150 mm.

Die angegebenen Höhenangaben für die Anschlusspunkte des Nivellements sind, sofern nichts anderes bemerkt ist, in dankenswerter Weise seitens des Kgl. Württemb. Statistischen Landesamts dem Verfasser mitgeteilt worden.

### Die Beobachtungen.

Den in den nachfolgenden Tabellen niedergelegten Beobachtungsergebnissen sind einige Bemerkungen voranzuschicken.

In meiner letzten Veröffentlichung (l. c. I p. 384 ff.) hatte ich vorgeschlagen, zur Verkleinerung der Fehler, die bei den Beobachtungen der einzelnen Koincidenzen auftreten, die beiden zusammen-

gehörigen Beobachtungsreihen (der Koincidenz 1 bis 10 und der Koincidenz  $n + 1$  bis  $n + 10$ ) so zu wählen, dass man bei jeder Reihe mit einer von mir so genannten „wahren Koincidenz“ beginne. Es zeigte sich nämlich, dass bei solchem Verfahren der mittlere Fehler auf ca.  $\frac{1}{3}$  verkleinert wurde. Der einzige in Betracht kommende objektive Grund für dieses merkwürdige Verhalten schien mir der zu sein, dass eine lineare Interpolation, wenn der Lichtblitz nicht in den horizontalen Faden des Fadenkreuzes fällt, sondern der Zeitpunkt der Koincidenz aus den benachbarten geschlossen werden muss, nicht genaue Resultate liefern könne. In brieflichen Mitteilungen an mich bezweifelten die Herren BÖRSCH und SCHUMANN (Potsdam) sowie neuerdings Herr ANDING (München) die Richtigkeit dieser Erklärung, da der bei der linearen Interpolation begangene Fehler erheblich geringer ausfallen möchte, als jene durch die Beobachtungen bei gewöhnlichem Verfahren (I. Reihe Koincid. 1—10, II. Reihe Koincid. 51—60) gefundenen Abweichungen vom Mittelwert; eine wirkliche von mir daraufhin durchgeführte Rechnung führte mich ebenfalls dazu, anzuerkennen, dass ich jene an sich ja bestehende Fehlerquelle bedeutend überschätzt hatte; der Fehler macht sich erst in der neunten Decimale der Schwingungsdauer bemerkbar. Eine Untersuchung über die Grösse dieses Fehlers ist bereits von Herrn HELMERT angestellt in seiner Schrift: „Beiträge zur Theorie des Reversionspendels“, 1898, p. 43, worauf Herr Geh. Rat HELMERT mich aufmerksam zu machen die Güte hatte; leider war mir seiner Zeit in seiner Schrift dieses Untersuchungsergebnis entgangen. Es möchte demgemäss die Ursache der Verkleinerung jenes Fehlers subjektiver Natur sein und entsprechend der Ansicht der Herren BÖRSCH und SCHUMANN auf Schätzungsfehlern beruhen; es kommt sogar, wie ich mich überzeugt habe, eine gewisse Voreingenommenheit des Beobachters hinzu, da bei der von mir vorgeschlagenen Methode der Beobachter schon im voraus den Bruchteil der Sekunde, bei dem er die kommende Koincidenz zu erwarten hat, kennt — denn es handelt sich immer um Differenzen, die nahezu ganze Sekunden betragen. Um diesen Einwürfen zu entgehen, wählte ich diesmal den ebenfalls schon (l. c. I p. 385) angegebenen anderen Weg, nämlich möglichst viele Koincidenzen zu beobachten und zur Berechnung des Mittelwertes zu verwenden. Ohne den Beobachter zu stark zu belasten, kann er anstatt der bisher gebräuchlichen 10 Koincidenzen am Anfang und am Ende je 20 beobachten; es bleibt dann immer noch zwischen denselben eine Pause und Er-

holungszeit von ca.  $\frac{1}{4}$  Stunde, und jede Beobachtungsreihe selbst dauert nur ungefähr 6—7 Minuten länger; der mittlere Fehler des Resultates wird hierdurch jedoch ca. auf die Hälfte verkleinert. Dass eine Vermehrung der Beobachtungen erwünscht ist, scheint mir auch aus folgender Thatsache hervorzugehen. Hat man im ganzen 20 Ko- incidenzen je am Anfang und Schluss beobachtet und bildet das Mittel aus den 10 ersten und dann aus den 10 letzten, so ergeben sich durchaus nicht identische Werte; die Werte der so berechneten Ko- incidenzen variieren dabei häufig um  $\pm 0,002$  Sekunden, denen Unterschiede von ca. 3 Einheiten der 7. Decimale der Schwingungs- dauer entsprechen, also von mehr als 1 Einheit der 3. Decimale von  $g$  (wenn  $g$  in Centimeter ausgedrückt wird).

Es wurden deshalb bei den diesjährigen Beobachtungen am An- fang und Schluss je 20 Ko- incidenzen beobachtet und aus den so erhaltenen 20 Werten das Zeitintervall von 50 Ko- incidenzen und damit eine Ko- incidenz ( $c$ ) in gewöhnlicher Weise berechnet.

Bei den Beobachtungen wurde ich unterstützt von Herrn BEISCHER, Assistent am physikalischen Institut, indem er die gleich- zeitigen, durch die Methode geforderten Beobachtungen auf der Centralstation in Stuttgart mit dem Pendelpaare No. III und IV machte, während ich selber die Beobachtungen auf den Feldstationen ausführte. Die Aufstellung der Instrumente auf der Feldstation be- sorgte Herr C. KLOPPER entweder allein oder in Gemeinschaft mit mir; ebenso führte er die nötigen Anschlussnivelements zur Bestim- mung der Höhe der Pendellinse grösstenteils selbständig zu meiner Zufriedenheit aus und unterstützte mich auch sonst bei den Ab- lesungen etc. Die Berechnung der topographischen Korrektion, für deren Ausführung es mir neben meinen sonstigen beruflichen Ge- schäften an Zeit gebricht, hat auch diesmal in dankenswerter Weise Herr Dr. FURTWÄNGLER in Potsdam übernommen und durchgeführt.

Ich spreche diesen meinen Mitarbeitern für ihre thatkräftige und treue Hilfe meinen Dank aus.

Zu diesen Tabellen sind noch einige Bemerkungen notwendig. Obgleich die erhaltenen Mittelwerte von „ $g$ “ für die einzelnen Pendelpaare (vorletzte Kolumne der Tabelle 2) eine genügende Über- einstimmung zeigen und nur einmal den Wert von  $0,005$  cm (Stat. Heimsheim) erreichen, so zeigen die Einzelwerte der  $\log \left( \frac{t_1}{t_2} \cdot \frac{t_2'}{t_1'} \right)^2$  (vergl. die fünftletzte Kolumne der Tabelle 2), mit denen der Wert von „ $g$ “ der Centralstation zu vereinigen ist, um den Wert „ $g_f$ “

(der Feldstation) zu erhalten, verhältnismässig grössere Abweichungen; es sind solche bis zu 36 Einheiten der 7. Decimale (Stat. Unterböbingen Pendel II gegen Stuttgart IV) bemerkbar<sup>1</sup>. Diese Abweichungen sind grösser als eine rohe Überschlagsrechnung möglicher Fehler erwarten lässt. Die Koincidenzdauer wird sich von einem geübten Beobachter auf ca. 0,001 Sekunden (bei 20 unabhängigen Werten des 50fachen Betrages einer Koincidenz) ermitteln lassen, dadurch würde die Unsicherheit der Schwingungsdauer selbst ca. 2 Einheiten der 7. Decimale betragen. Beobachtet man ferner in Räumen ziemlich konstanter Temperatur, so möchte die Bestimmung der Temperatur des Pendels auf  $\frac{1}{2}$  Zehntel eines Grades genau zu machen sein, das würde eine Unsicherheit von 2—3 weiteren Einheiten der 7. Decimale geben; da sich die sonst in Betracht kommenden Grössen hinlänglich genau bestimmen lassen, so sollte jedenfalls hiernach die Unsicherheit in der Bestimmung der reduzierten Schwingungsdauer 5 Einheiten der 7. Decimale in der Regel nicht überschreiten. Wie erwähnt, fallen die Abweichungen grösser aus.

Beschränken wir unsere Untersuchungen dieser Fehler zunächst auf die Beobachtungen auf der Centralstation, da hier durch Separation des eigentlichen Pendelraumes vom Beobachterraum die Temperaturänderungen während der Beobachtung mit demselben Pendel nie  $\frac{1}{10}^0$  erreichen. Die Messungen ergaben hier folgendes.

1. Die Mittelwerte für die Logarithmen der Verhältnisse  $\frac{t_1}{t_3}$  und  $\frac{t_2}{t_4}$  (wo  $t_1$   $t_2$   $t_3$   $t_4$  die Schwingungsdauern der Pendel I, II, III, IV bedeuten) haben nach der Reise um 8 Einheiten der 7. Decimale zugenommen.

	Vor der Reise	Mittlerer Fehler in $10^{-7}$	Nach der Reise	Mittlerer Fehler in $10^{-7}$
$\log t_1/t_3$	0,0002408	$\pm 1,1$	0,0002416	$\pm 1,0$
$\log t_2/t_4$	0,9999011—1	$\pm 1,0$	0,9999019—1	$\pm 1,1$

2. Die einzelnen Werte weichen voneinander, selbst wenn man die weniger verlässlichen Werte des Januar und Februar (der eine

<sup>1</sup> Diese Beträge sind verglichen mit den Messungen anderer Beobachter, allerdings nicht gross; es finden sich moderne Messungsreihen, in denen die korrigierten Schwingungsdauern selbst (nicht ihre Quadrate) um Beträge von nahe 300 Einheiten der 7. Decimale variieren.

Beobachter hatte sich erst mit den ihm neuen Beobachtungen vertraut zu machen) übergeht, mehr als nach obigem zu erwarten ist, voneinander ab.

Der erstere Punkt kann, zumal spätere Messungen dieselben Verhältnisse der  $\log t_1/t_3$  und  $\log t_2/t_4$  wie die unmittelbar nach der Reise gefundenen ergaben, wohl nur durch eine thatsächliche, wenn auch geringe (noch nicht  $1/1000$  mm betragende) Verlängerung beider transportierter Pendel (I und II) während der Reise erklärt werden.

Zur Erklärung der (sub 2) erwähnten Abweichungen kann wohl nur abgesehen von kleineren Fehlern in der Temperaturbestimmung die Erwägung dienen, dass die Achatschneide der benutzten Pendel (wie l. c. I p. 390 u. Taf. XIV nachgewiesen) keine wohl definierte Gerade ist, so dass bei jedesmaligem neuem Auflegen des Pendels auf das Lager die Einstellung eine etwas andere wird und damit die Pendellänge sich etwas ändert. Offenbar ist hierbei Voraussetzung, dass auch das Achatlager, auf dem die Achatschneide des Pendels ruht, eine horizontal orientierte Ebene ist. Da das physikalische Institut im Besitz einer grösseren (aus dem Institut STEINHEIL stammenden) vorzüglichen planparallelen Glasplatte ist, so konnte durch Auflegen derselben auf das Achatlager mittelst Interferenzen im Na-Licht konstatiert werden, dass Unregelmässigkeiten, die grösser als  $1/10$  der halben Wellenlänge des Natriumlichtes, also von  $0,00003$  mm, nicht vorhanden waren, wenn die Achatplatte ohne Zwang lose auf einer Unterlage ruhte; dieser Zustand verschlechterte sich ein wenig, wenn die Platte auf dem Stativ wie gewöhnlich aufgedrückt wurde, dadurch wurde dieselbe nach der Mitte zu etwas erhaben, doch beträgt die Niveaudifferenz pro cm Länge noch nicht  $0,0001$  mm.

Auf eine andere Fehlerquelle möchte ich jedoch bei dieser Gelegenheit aufmerksam machen. Trotz aller Sorgfalt bei der Anfertigung der Pendel wird es kaum gelingen, die Achatschneide genau senkrecht zur geometrischen Längsachse des Pendels zu richten, zumal man die wahre Lage letzterer nicht genau bestimmen kann. Wenn nun aber die Schneide zu dieser Längsachse schief steht, so wird das Pendel mehr oder weniger hauptsächlich von einer Seite (der rechten oder linken) der Achatschneide getragen werden. Wenn dies nun genau immer in der nämlichen Art und Weise geschieht, so wird die Pendellänge und damit die Schwingungsdauer sich nicht ändern; wenn jedoch die Auflagefläche (die Achat-

platte) des Stativs ihre Neigung ändert, indem die Nivellierung derselben nicht ganz gelungen ist, so ist es sehr wohl denkbar, dass sich der Stützpunkt an der Schneide verlegt und damit die Pendellänge variiert. Ist die Schneide eine wirkliche Gerade, so wird der Einfluss bei den immerhin nur kleinen Abweichungen von der horizontalen Richtung allerdings verschwindend klein sein; ist jedoch die Schneide, wie in Wirklichkeit sehr wenig eine vollkommene Gerade, so sind Änderungen der Schwingungsdauer zu erwarten. Diese Überlegungen lassen sich durch das Experiment prüfen. Es wurden demgemäss Versuche bei horizontaler und geneigter Auflagefläche angestellt. Ein solcher Versuch muss, wie aus obigen Erwägungen hervorgeht, auch ein Kriterium für die Vollkommenheit der Schneide liefern; es zeigte sich nun, dass Pendel I im Verhältnis zu Pendel III (das auf horizontaler Auflagefläche ruhte) hierbei seine Schwingungsdauer nicht änderte, wohl dagegen Pendel II im Verhältnis zu Pendel IV.

Es wurde folgendes gefunden:

### I. Pendel I.

A. Das Achatlager, auf dem Pendel I seine Schwingungen ausführte, war um 6 ps der Libelle = 28" nach rechts geneigt; das Achatlager des Pendels III war horizontal.

	t	log t
Pendel I . . .	0,5082586	0,7060847—1
Pendel III . .	0,5079759	0,7058431—1
t I/t III . . . . .		0,0002416

### B. Beide Lager waren horizontal.

Pendel I . . .	0,5082582	0,7060844—1
Pendel III . .	0,5079754	0,7058425—1
t I/t III . . . . .		0,0002419

C. Das Achatlager für Pendel I war um 28" nach links geneigt; das Achatlager des Pendels III war horizontal.

Pendel I . . .	0,5082589	0,7060850—1
Pendel III . .	0,5079762	0,7058434—1
t I/t III . . . . .		0,0002416

## II. Pendel II.

A. Das Achatlager, auf dem Pendel II seine Schwingungen ausführte, war um 28" nach rechts geneigt; das Achatlager des Pendels IV war horizontal.

	t	log t
Pendel II . . . . .	0,5081517	0,7059934—1
Pendel IV . . . . .	0,5082673	0,7060922—1
t II/t IV . . . . .		0,9999012—1

## B. Beide Lager waren horizontal.

Pendel II . . . . .	0,5081539	0,7059952—1
Pendel IV . . . . .	0,5082683	0,7060930—1
t II/t IV . . . . .		0,9999022—1

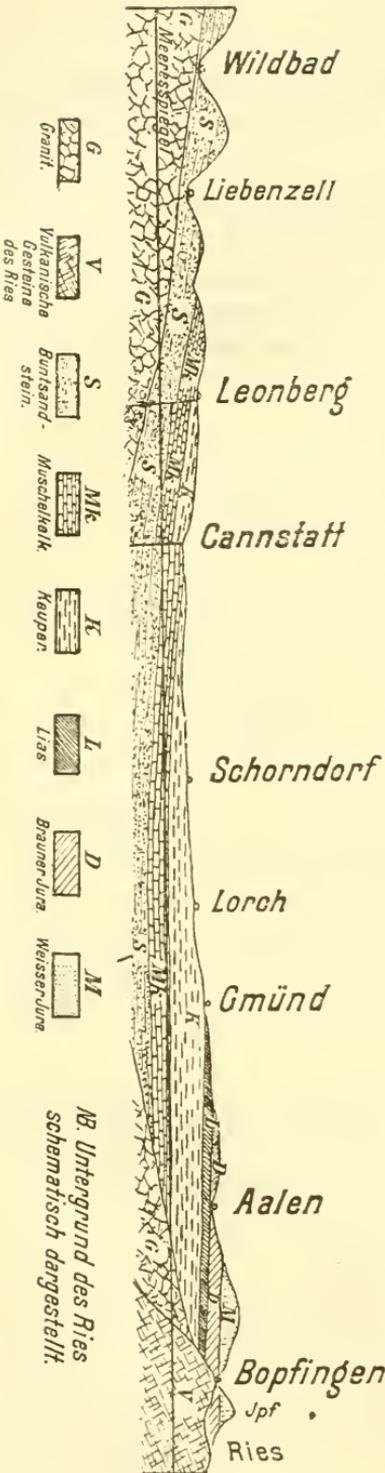
C. Das Achatlager für Pendel II war um 28" nach links geneigt; das Achatlager des Pendels IV war horizontal.

Pendel II . . . . .	0,5081540	0,7059953—1
Pendel IV . . . . .	0,5082685	0,7060932—1
t II/t IV . . . . .		0,9999021—1

Jede Zahl dieser Tabellen ist das Mittel aus drei unabhängigen Beobachtungen, selbstverständlich geschahen die Messungen synchron.

Während es also für das Pendel I hiernach ziemlich belanglos erscheint, ob die Nivellierung der Achatplatte vollkommen ist oder nicht, zeigen die Versuche, dass für Pendel II bei einer Neigung der Platte nach rechts der Wert der log t sich um 10 Einh. d. 7. Dez. ändert.

Unter diesen Umständen muss der Genauigkeit der Nivellierung des Pendelstativs grosse Bedeutung beigelegt werden, speciell auf den Feldstationen werden Änderungen wegen zeitlichen Nachgebens der Materialien zu befürchten sein, da das Pendelstativ durch Zug- und Druckschrauben auf dem eisernen Träger befestigt ist. In der That zeigten sich bei den Beobachtungen auf den Feldstationen hier und da, trotzdem bei der Aufstellung die Horizontalstellung vollkommen war, doch bei Beginn der Messungen (also nach ca. 30 Stunden) kleinere Abweichungen (bis zu 2 ps der Libelle = 14"), die ich aus Furcht, Temperaturänderungen hervorzurufen, unbeseitigt liess. Es wird deshalb der Pendelkasten so abgeändert



werden, dass eine kleine Korrektion der Horizontalstellung von aussen, ohne den Kasten öffnen zu müssen, ausgeführt werden kann.

### Die Endresultate der Messungen.

Die notwendigen Reduktionen sind in bekannter Weise (vergl. l. c. I p. 400 ff.), um die erhaltenen Resultate untereinander vergleichbar zu machen, ausgeführt. Auch bei den Beobachtungen auf diesen Stationen sind die Differenzen zwischen der beobachteten (auf Meeresniveau etc. reduzierten) Schwere  $g_0$  und der nach der HELMERT'schen Formel berechneten  $\gamma$  positiv; die Schwerkraft auf den 10 Stationen des Pariser Parallel ist grösser als die normale. Die Werte nehmen zu gegen das Ries (Bopfingen) entsprechend der wahrscheinlich grösseren Dichtigkeit der dort den Untergrund bildenden vulkanischen Gesteine. Ebenso macht sich bei der Annäherung an das Rheinthal in Herrenalb die durch Herrn HAID für das Rheinthal nachgewiesene Massenanhäufung, wie es scheint, bemerkbar.

Das beigegebene geologische Profil, das ich der Güte des Herrn Prof. SAUER hier verdanke, giebt über den geologischen Bau genügenden Aufschluss.

Stuttgart, 15. Mai 1902.

Phys. Institut  
der Kgl. Techn. Hochschule.

## Anhang.

### Ein Hypsometer mit elektrischer Temperaturmessung.

Bei Gelegenheit der Verifikationen des Aneroidbarometers durch das Siedethermometer bemerkte ich bei Benutzung von Hypsometern gewöhnlicher Konstruktion viele Unzuträglichkeiten; in der (mir allerdings nur im Auszug<sup>1</sup> zur Verfügung stehenden) Arbeit von Herrn MOHN ist auf viele Fehler dieser Instrumente hingewiesen und gezeigt, wie diese möglichst zu vermeiden sind. Durch die schönen Bestimmungen der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ocean mit Hilfe von Hypsometer und Barometer durch Herrn HECKER<sup>2</sup> ist das Interesse an einer möglichst einwurfsfreien Gestaltung dieser Instrumente neuerdings wachgerufen.

Die schon von verschiedenen Forschern gerügten Übelstände betreffen die Trägheit der Thermometer, die Nachwirkungserscheinungen, die Abhängigkeit der Angaben der Thermometer von der Grösse und Intensität der Heizflamme und anderes mehr. Der an letzter Stelle erwähnte Fehler wird bedeutend verringert, wie ich beobachtet habe, wenn man von den gewöhnlich gebräuchlichen Miniaturdimensionen des Apparates abgeht. Ich verwandte einen Wasserkessel von ca. 3—4 l Inhalt, der beim Gebrauch im Laboratorium natürlich durch Gas, auswärts auf den Feldstationen jedoch durch einen Petroleumkochapparat neuerer Konstruktion (nach dem Vergasungsprinzip gebaut) geheizt wurde. Der Dampfraum war selbstverständlich doppelwandig. Bei Benutzung derartiger geräumiger Apparate ist es nahezu gleichgültig, wenn nicht sehr genaue Bestimmungen gewünscht werden, ob die Heizung z. B. durch einen gewöhnlichen Bunsenbrenner (1 Rohr und 1 Gaszuführungsöffnung) oder durch einen 15fachen Brenner (15 Rohre und 15 Gaszuführungsöffnungen) erfolgte. Einwurfsfreier scheint mir jedoch der Apparat zu sein, wenn man den Dampfkessel von dem Dampfgefäss, in dem das Thermometer sich befindet, räumlich trennt; beide durch eine, wenn erwünscht, mit Wärmeisoliermasse verwahrte Rohrleitung miteinander verbunden. Man hat dann nur dafür zu sorgen, dass trockener Dampf im Dampfgefäss vorhanden ist, was bei energischem Heizen entschieden der Fall sein wird. Das Dampfzuleitungsrohr war im Dampfgefäss so orientiert, dass der ausströmende Dampf

<sup>1</sup> Met. Zeitschrift 1899, p. 333.

<sup>2</sup> Helmert: Sitzungsber. d. K. priv. Akad. d. Wiss. Berlin 1902. VIII.

nicht direkt die Thermometer treffen konnte. Ist die Dampfentwicklung im Kessel zu schwach, so wird leicht der Dampf nass sein, und die dann am Thermometer auftretende Kondensation wird Temperaturänderungen herbeiführen.

Wenn so die eine der angeführten Fehlerquellen in ihrem Einfluss merklich herabgesetzt ist, so bleiben doch noch andere Eigentümlichkeiten der Thermometer gewöhnlicher Art übrig, die eine genaue und exakte Messung der Siedetemperatur, wie mir scheint, illusorisch machen. Eine solche Eigenart ist die folgende. Sowohl ein von mir anfänglich benutztes GESSLER'sches Thermometer (älteres Fabrikat, dem Anschein nach aus sogenanntem Krystallglas gefertigt) als auch ein neueres, aus Jenenser Borosilikat Glas 59 III von der Firma DECKERT hier geliefertes, zeigte immer, dass nach einer vorübergehend stattgehabten Temperaturerhöhung der frühere Stand des Thermometers nicht oder nur unvollkommen erreicht wurde. Folgende kleine Tabelle, die aus den vielen Versuchen beliebig herausgegriffene Werte liefert, mag dies erläutern.

Nachdem eine längere Zeit (vielleicht 20 Minuten) das Sieden unterhalten war, zeigte das Thermometer DECKERT (J. Gl. 59 III) einen konstanten Stand  $t_1 = 98,998$ . Es wurde der Dampf etwas bei seinem Austritt gedrosselt, so dass ein Überdruck eintrat, das Thermometer stieg auf  $t_2 = 99,040$ . Jetzt wurde die Drosselung aufgehoben und der Apparat, beim Sieden unter Atmosphärendruck sich selbst überlassen, ergab  $t_3 = 99,020$ . Dasselbe Ergebnis lässt sich auch erzielen, wenn durch Benutzung einer grösseren Heizflamme eine Temperaturerhöhung erzielt wurde, auch diese war nicht vollkommen rückgängig zu machen; das von Herrn MOHN vorgeschlagene Klopfen nutzte bei den von mir untersuchten Thermometern nicht viel. Offenbar treten hier irgendwelche nicht zu kontrollierende Adhäsionskräfte auf, welche den Rückgang verhindern; eine Stickstofffüllung über dem Quecksilber im Thermometerrohr vermochte dem Übelstand ebenfalls nicht abzuhelfen; um den ersten Wert ( $t_1 = 98,998$ ) wieder zu erhalten, musste für eine kurze Zeit das Sieden unterbrochen werden, so dass ein wirkliches Fallen des Thermometers stattfand; ein erneuertes Anheizen ergab dann nach einiger Zeit wieder den früheren Stand. Zieht man nun in Betracht, dass hiermit die möglichen Fehlerquellen noch nicht erschöpft sind, so wäre namentlich für derartige Siedepunktbestimmungen, die die Schwerekorrektion des Barometers zu ermitteln bestimmt sind, um damit zu Werten der Schwerkraft selbst zu gelangen, eine andere

einwurfsfreierte Methode von grossem Nutzen. Mir scheint dies auf elektrischem Wege ausführbar zu sein.

In Betracht kommt natürlich in erster Linie die WHEATSTONE'sche Brückenmethode. Wählt man für den einen Zweig der Brücke (den Thermometerzweig) ein Material von möglichst grossem Temperaturkoeffizienten, für die anderen Zweige und Verbindungsleitungen ein solches von möglichst niedrigem, so ist durch Widerstandsmessung eine Temperaturänderung von  $\frac{1}{1000}^0$  leicht zu bestimmen.

Als Thermometerdraht wählte ich wegen seines hohen Temperaturkoeffizienten reinen Nickeldraht von 0,1 mm Stärke, der in passender Weise in einer Spirale in einem sehr dünnwandigen, zugeschmolzenen Glasrohr sich befand, die Zuleitungen waren natürlich durch eingeschmolzene Platindrähte hergestellt; die Zuleitungsdrähte sowie alle übrigen Widerstände der Brücke waren aus Manganin hergestellt, dessen Temperaturkoeffizient nur  $(+ 0,03 \cdot 10^{-3})$  beträgt, während der des Nickels bekanntlich bis auf  $6 \cdot 10^{-3}$  steigen kann. Die sämtlichen übrigen Zweige der Brückenkombination waren in ein Bad von Petroleum getaucht. Die Widerstände waren so gewählt, dass alle vier ungefähr die Grösse des Nickelwiderstandes bei  $100^0$ , nämlich ca.  $53 \Omega$ , besaßen. Der sonst bewegliche und behufs Nullstellung des Galvanometers verschiebbare Kontakt des, wie erwähnt, ebenfalls ins Petroleumbad tauchenden Messdrahtes war festgestellt und die Abgleichung geschah dadurch, dass der Widerstand des einen Vergleichszweiges durch parallel geschaltete Nebenschlusswiderstände reguliert wurde — selbstverständlich ist hierdurch nur eine Verminderung des Widerstandes zu bewirken; geht man jedoch von einem Anfangswiderstand, der der Temperatur des höchsten zu erwartenden Druckes entspricht, aus, so wird es sich nur um vorzunehmende Widerstandsminderungen handeln. Das angewandte Galvanometer war ein Drehspulspiegelgalvanometer SIEMEN'scher Form von grosser Empfindlichkeit. Ich verfuhr nun in der Weise, dass der gesuchte Widerstand und damit die Temperatur nicht dadurch bestimmt wurde, dass die Nullstellung des Galvanometers herbeizuführen gesucht wurde — bei der Empfindlichkeit des Galvanometers und der, wie sich zeigte, fortwährend schwankenden Temperatur ein vergebliches Unternehmen —, sondern dadurch, dass der Skalenausschlag des Galvanometers beobachtet wurde und durch Variierung von Temperatur und Widerstand der Skalenwert des Ausschlags in Temperaturmass bestimmt wurde; es konnte dann durch ein einfaches Interpolationsverfahren (am besten graphisch) der Widerstand bzw.

die Temperatur berechnet werden, die der Nullstellung der Nadel entsprechen würde. Diese Methode der Messung ist hinreichend empfindlich; bei meinen Versuchen entsprach ein Ausschlag von einem Skalenteil ungefähr einer Temperaturänderung von  $1/1000^{\circ}$  (die genauen Werte sind  $0,00133^{\circ}$  pro 1 ps Ausschlag). Da nun Zehntel der Skalenteile (Doppelmillimeter) sich noch gut schätzen lassen, so würde eine Temperaturbestimmung auf ca.  $1/10000^{\circ}$  möglich sein. Diese Genauigkeit erscheint aber überflüssig, da das Galvanometer nie zur Ruhe kommt, sondern unaufhörlich oft um mehr als 10 ps schwankt. Ob nun diese Temperaturschwankungen hervorgerufen werden durch zeitweilige Überhitzungen oder umgekehrt als ein Zeichen dafür anzusehen sind, dass zu Zeiten der Dampf nicht mehr trocken ist und durch vielleicht am elektrischen Thermometer stattfindende Kondensation Temperaturänderungen auftreten, habe ich bisher nicht entscheiden können; Thatsache ist jedenfalls, dass Temperaturschwankungen bis zu  $1/100^{\circ}$  häufig auftreten. Diese zeigte das gleichzeitig beobachtete in unmittelbarer Nähe des elektrischen Thermometers befindliche Hypsometer nicht an, sondern, wie schon bemerkt, verhielt es sich so, dass eine einmal erreichte Angabe einer höheren Temperatur, wenn nicht ein starker Rückgang der Temperatur eintrat, ständig blieb.

Abgesehen von diesen scheinbaren Schwankungen der Temperatur ist, wie mir scheint, die elektrische Temperaturmessung der mit dem Quecksilberthermometer ausgeführten bedeutend überlegen und für die Zwecke der Schweremessungen brauchbarer.

Da auch transportable Galvanometer von gleicher Empfindlichkeit wie das von mir benutzte hergestellt werden können, die nötigen Widerstände ferner sich ohne Schwierigkeit kompendios in einem Widerstandskasten vereinigen lassen, so würde die elektrische Temperaturmessung auch ausserhalb eines Laboratoriums leicht auszuführen sein. Die (einmalige) Eichung des Apparates für die verschiedenen Drucken entsprechenden Temperaturen ist allerdings etwas umständlich. Ich verfuhr hierbei in der Weise, dass vermittelt der durch einen Motor betriebenen Vakuumpumpe des Instituts (die ca. 100 l in der Minute schöpft) in einem grösseren Windkessel ( $1/2$  cbm Inhalt) ein hinreichendes Vakuum hergestellt und erhalten wurde. Von diesem Windkessel führte eine stark gedrosselte Rohrleitung zu einem Luftpumpenteller. Unter der Glocke desselben befand sich der doppelwandige Dampfraum, der Dampf wurde von einem ausserhalb befindlichen Kessel zugeführt. An der Luftpumpen-

glocke, die den Apparat überdeckte, befand sich ein Hahn, durch den der Eintritt der äusseren Luft reguliert werden konnte. Auf diese Weise war es leicht, bei richtiger Stellung des soeben erwähnten Hahnes jeden beliebigen Druck im Dampfraum ständig auf Bruchteile eines Millimeters Quecksilberdruck zu erhalten. Es wurde auf diese Weise eine Eichung vorgenommen zwischen den Siedetemperaturen 97,2 bis 99,5, also bei Drucken von 687 bis ca. 746 mm. Durch Bestreichen der Wandungen der Luftpumpenglocke mit einem Seifenpräparat konnte trotz der lebhaften Dampfentwicklung im Innern eine vollkommene Durchsichtigkeit der Wandungen erhalten und damit die Ablesungen am gleichzeitig eintauchenden Quecksilberthermometer möglich gemacht werden.

Als Barometer würde sich das von mir in WIED. Ann. 55 p. 391, 67 p. 485 sowie zusammenfassend in der Met. Zeitschr. 1899 p. 193 beschriebene gut eignen; da ihm leicht eine solche Form gegeben werden kann, dass es in seinen einzelnen Teilen gesondert transportiert unter Verwendung von Schlifren leicht an jedem Ort zusammengestellt werden kann und unter Verwendung einer Handluftpumpe (zum vorläufigen Evakuieren) und der am Instrument befindlichen SPRENGEL'schen Pumpe (zur Herstellung des hohen Vakuums) hinreichend evakuiert werden kann. Die in das Quecksilber des Barometers selbst eintauchenden Thermometer geben eine hinreichende Gewähr für die möglichst genaue und sehr wichtige Temperaturbestimmung des Quecksilbers des Barometers<sup>1</sup>, die l. c. beschriebene vereinfachte MAREK'sche Ablesungsmethode erlaubt eine schnelle und von jeglichem Kapillaritätsfehler freie Bestimmung der Quecksilberhöhe, eine nach GRUMMACH's Vorgang durch das Vakuum geschickte Entladung lässt durch das Auftreten von Kathodenstrahlen auf ein hinreichendes Vakuum schliessen.

Stuttgart, 2. August 1902.

Phys. Institut d. Kgl. Techn. Hochschule.

---

<sup>1</sup> Der von Herrn WILD, Met. Zeitschr. 1899 p. 462, hiergegen geltend gemachte Einwurf, dass diese Thermometer nicht kontrollierbar seien, ist nicht stichhaltig, da bei Verwendung von Jenenser Normalglas, wie die Versuche in der physikalisch-technischen Reichsanstalt sowie eigene von mir während 6 Jahren fortgesetzte Bestimmungen des Nullpunktes von mehreren solchen Thermometern nicht  $\frac{1}{100}^{\circ}$  Differenz ergeben haben (erst  $\frac{1}{10}^{\circ}$  Temperaturdifferenz bewirkt  $\frac{1}{100}$  mm Druckänderung); ausserdem hindert nichts, die Thermometer in Schlifren zu befestigen und das Barometer von Zeit zu Zeit von neuem zusammenzustellen.

Datum	Nummer des Pendels	Beob. Schwingungsdauer t	log t	Nummer des Pendels	Beob. Schwingungsdauer t'	log t'	log $\frac{t}{t'}$ Pendel I/III	log $\frac{t_2}{t_1}$ Pendel II/IV	
20. Jan.	II	0,5081513	0,7059930 - 1	IV	0,5082665	0,7060915 - 1		0,9999015 - 1	nicht genau gleichzeit!
Jan. 22.	II	0,5081519	35 - 1	IV	55	06 - 1		[ 29 1 ]	
Febr. 18.	I	0,5082563	0,7060827 - 1	III	0,5079750	0,7058423 - 1	0,0002404		
"	"	66	30 - 1	"	46	20 - 1	410		
"	"	66	30 - 1	"	41	16 - 1	414		
Febr. 21.	"	73	36 - 1	"	63	34 - 1	401		
"	"	76	38 - 1	"	70	40 1	398		
"	"	64	28 - 1	"	54	27 - 1	401		
"	"	61	26 - 1	"	53	26 - 1	400		
Febr. 26.	"	69	32 1	"	49	22 - 1	410		
"	"	65	29 - 1	"	45	19 - 1	410		
"	"	67	31 - 1	"	49	22 - 1	408		
"	"	68	32 - 1	"	53	26 - 1	406		
"	"	88	49 - 1	"	59	31 - 1	418		
"	"	77	39 - 1	"	57	29 - 1	410		
"	"	83	44 - 1	"	59	31 - 1	413		
März 1.	I	0,5082565	0,7060829 - 1	III	0,5079750	0,7058423 - 1	0,0002406		
"	"	58	23 - 1	"	39	14 - 1	09		
"	"	77	39 - 1	"	62	34 - 1	05		
"	II	0,5081512	0,7059930 - 1	IV	0,5082668	0,7060918 - 1		0,9999012 - 1	
"	"	15	32 - 1	"	74	23 - 1	09 - 1		
"	"	11	28 - 1	"	73	22 - 1	06 - 1		
März 11.	II	0,5081513	0,7059930 - 1	IV	0,5082666	0,7060916 - 1		0,9999014 - 1	
"	"	05	23 - 1	"	70	19 - 1	04 - 1		
"	"	22	38 - 1	"	75	24 - 1	14 - 1		
März 13.	I	0,5082562	0,7060826 - 1	III	0,5079738	0,7058413 - 1	0,0002413		
"	"	60	25 - 1	"	39	14 - 1	11		
"	"	58	23 - 1	"	40	15 - 1	08		
"	II	0,5081507	0,7059925 - 1	IV	0,5082669	0,7060918 - 1		0,9999007 - 1	
"	"	00	19 - 1	"	57	08 - 1	11 - 1		
"	"	06	24 - 1	"	62	12 - 1	12 - 1		
März 14.	II	0,5081514	0,7059931 - 1	IV	0,5082666	0,7060916 - 1		0,9999015 - 1	
"	"	13	30 - 1	"	70	19 - 1	11 - 1		
"	"	12	30 - 1	"	68	17 - 1	13 - 1		
"	"	11	28 - 1	"	66	16 - 1	12 - 1		
"	"	11	28 - 1	"	68	17 - 1	11 - 1		
"	"	14	31 - 1	"	69	18 - 1	13 - 1		
					Mittel		0,0002408 ± 1,1	0,9999011 - 1 ± 0,79	
<b>Nach der Reise.</b>									
April 14.	I	0,5082594	0,7060854 - 1	III	0,5079762	0,7058434 - 1	0,0002420		
"	"	94	54 - 1	"	63	34 - 1	20		
"	"	87	48 - 1	"	64	35 - 1	13		
"	II	0,5081543	0,7059956 - 1	IV	0,5082690	0,7060930 - 1		0,9999020 - 1	
"	"	34	48 - 1	"	90	36 - 1	12 - 1		
"	"	42	55 - 1	"	91	37 - 1	18 - 1		
April 15.	I	0,5082591	0,7060851 - 1	III	0,5079764	0,7058435 - 1	0,0002416		
"	"	87	48 - 1	"	61	33 - 1	15		
"	"	85	46 - 1	"	62	34 - 1	12		
"	II	0,5081544	0,7059957 - 1	IV	0,5082692	0,7060938 - 1		0,9999019 - 1	
"	"	43	56 - 1	"	92	38 - 1	18 - 1		
"	"	43	56 - 1	"	91	37 - 1	19 - 1		
April 16.	I	0,5082578	0,7060840 - 1	III	0,5079753	0,7058426 - 1	0,0002414		
"	"	84	45 - 1	"	53	26 - 1	19		
"	"	84	45 - 1	"	57	29 - 1	16		
"	II	0,5081544	0,7059957 - 1	IV	0,5082687	0,7060934 - 1		0,9999023 - 1	
"	"	35	49 - 1	"	84	29 - 1	20 - 1		
"	"	38	52 - 1	"	84	29 1	23 - 1		
					Mittel		0,0002416 ± 1	0,9999019 - 1 ± 1,1	
					Gen.-Mittel		0,0002412	0,9999015 - 1	
							I/III	II/IV	
					[Gen.-Mittel] <sup>2</sup>		0,0004824	0,9998030 - 1	

Anm. Die synchronen Werte stehen auf derselben Horizontallinie.

Tabelle II.

Mittlere Beobachtung	Mittlere Dauer einer Koinzidenz im Sekunden m. Z.	Amplitude	Temperatur Gr. C.	Luftdruck mm	Unkorrigierte Schwingungsdauern in Sekunden		Korrektion wegen Amplitude		Korrigierte Schwingungsdauern in Sekunden		Mittlere Dauer einer Koinzidenz	Temperatur Gr. C.	Luftdruck mm	Unkorrigierte Schwingungsdauern in Sekunden		Korrektion wegen Amplitude		Korrigierte Schwingungsdauern in Sekunden		Log. des Quotienten des Verhältnisses der Schw.-D. von hr. Beobachtungen in Stuttgart	Log. des Quotienten des Verhältnisses der Schw.-D. von hr. Beobachtungen in Stuttgart	Summe der beiden Logarithmen	Mittl.	Log. g der Fohlation	g der Fohlation in Centimet.	Korrigierter Mittelwert z			
					Amplitude	Temperatur	Luftdruck	Amplitude	Temperatur	Luftdruck				Amplitude	Temperatur	Luftdruck													
<b>Böpingen März 27, 28.</b>																													
I 0,0	36,4190	11,0	5,79	716,1	0,5083481	-3,8	-28,2	-530,6	0,5082661	III 37,7970	12,2	11,95	715,5	0,508020	-4,1	-60,8	-531,0	0,5079760	0,0095042	-1	0,0004824	0,0098766	-1						
I 10,5	36,4160	12,0	5,05	716,2	0,5083485	-3,0	-29,2	-530,4	0,5082668	III 37,7970	12,2	11,95	715,5	0,508020	-4,5	-60,3	-531,0	0,5079760	0,0095046	-1	0,0004824	0,0098766	-1	0,0099871	1	2,0916180	980,886		
I 11,3	36,4162	12,0	6,02	716,2	0,5083485	-4,1	-24,6	-530,3	0,5080895	III 37,7970	12,2	11,95	715,5	0,508020	-4,7	-60,4	-531,0	0,5079760	0,0095052	-1	0,0004824	0,0098766	-1	0,0099857	1	2,0916182		980,885	
II 0,4	36,9566	11,6	6,17	716,1	0,5082451	-3,7	-31,0	-529,9	0,5081607	IV 36,2410	15,6	12,085	735,2	0,5083828	-6,5	-60,8	-532,7	0,5082683	0,0001838		0,0099830	-1	0,0099868	-1					
II 1,2	36,9530	11,6	6,21	716,2	0,5082458	-3,7	-31,2	-529,9	0,5081612	IV 36,2404	15,7	12,11	735,3	0,5083829	-6,0	-60,7	-532,0	0,5082683	0,0001830		0,0099830	-1	0,0099868	-1	0,0099857	1	2,0916178	980,884	
II 2,1	36,9548	11,6	6,22	716,4	0,5082456	-3,7	-31,5	-530,0	0,5081610	IV 36,2404	16,0	12,11	735,4	0,5083829	-6,8	-60,9	-532,0	0,5082683	0,0001832		0,0099830	-1	0,0099868	-1					
<b>Aalen März 25/26.</b>																													
I 0,0	36,4132	13,4	6,44	716,5	0,5083493	-4,8	-29,7	-532,6	0,5082668	III 37,7881	12,2	12,27	735,0	0,5080188	-4,1	-62,0	-532,7	0,5079765	0,0095050	-1	0,0004824	0,0098774	-1						
I 10,4	36,4160	14,3	6,08	716,0	0,5083516	-5,1	-34,8	-529,8	0,5080557	III 37,7731	12,5	12,55	738,1	0,5080943	-6,4	-64,8	-527,1	0,5079768	0,0095066	-1	0,0004824	0,0099320	-1	0,0099873	1	2,0916188	980,887		
I 11,25	36,4109	13,4	6,14	720,0	0,5083499	-4,8	-30,2	-532,8	0,5080560	III 37,7881	13,0	13,35	735,7	0,5080919	-4,0	-62,4	-532,7	0,5079768	0,0095040	-1	0,0004824	0,0098774	-1	0,0099873	1	2,0916188	980,887		
II 0,4	36,9543	11,4	6,20	720,5	0,5082457	-3,3	-31,9	-533,3	0,5081608	IV 36,2330	16,2	12,395	736,45	0,5083842	-7,5	-62,3	-533,1	0,5082689	0,0001822		0,0099830	-1	0,0099866	-1	0,0099857	1	2,0916180		980,885
II 1,2	36,9528	11,6	6,18	720,0	0,5082458	-3,7	-31,0	-533,5	0,5081610	IV 36,2338	16,4	12,43	736,8	0,5083842	-7,5	-62,3	-533,1	0,5082689	0,0001826		0,0099830	-1	0,0099866	-1	0,0099857	1	2,0916172	980,883	
II 2,1	36,9539	11,6	6,18	721,1	0,5082457	-3,7	-30,8	-533,6	0,5081611	IV 36,2337	16,6	12,45	737,1	0,5083842	-7,4	-62,9	-533,5	0,5082689	0,0001824		0,0099830	-1	0,0099864	-1					
<b>Umerbingen.</b>																													
I 0,0	36,4012	14,0	7,11	718,2	0,5083516	-5,3	-33,0	-530,3	0,5080560	III 37,7758	12,0	12,745	729,15	0,5080940	-3,9	-64,2	-527,1	0,5079765	0,0095070	-1	0,0004824	0,0098794	-1						
I 1,1	36,4018	14,0	6,71	718,0	0,5083523	-5,0	-33,0	-529,9	0,5080568	III 37,7758	12,0	12,745	729,15	0,5080940	-3,9	-64,2	-527,1	0,5079765	0,0095066	-1	0,0004824	0,0098794	-1	0,0099908	1	2,0916223	980,893		
I 11,25	36,3970	14,5	7,11	717,8	0,5082516	-6,2	-35,0	-529,4	0,5082638	III 37,7743	13,1	12,783	728,5	0,5080944	-4,7	-60,2	-527,0	0,5079764	0,0095086	-1	0,0004824	0,0099100	-1	0,0099908	1	2,0916223	980,893		
II 0,5	36,9046	12,1	7,23	717,4	0,5082471	-3,0	-36,4	-528,9	0,5081575	IV 36,2218	16,5	12,86	728,7	0,5083865	-7,3	-64,6	-526,6	0,5082688	0,0001828		0,0099830	-1	0,0099928	-1	0,0099908	1	2,0916223	980,893	
II 1,5	36,9030	12,8	7,23	717,0	0,5082487	-4,5	-36,4	-528,6	0,5081591	IV 36,2215	16,2	12,86	728,4	0,5083866	-7,1	-64,6	-526,4	0,5082688	0,0001824		0,0099830	-1	0,0099904	-1	0,0099908	1	2,0916223	980,893	
II 2,3	36,9032	12,9	7,28	716,5	0,5082495	-4,3	-37,9	-528,1	0,5081597	IV 36,2210	16,2	12,86	728,2	0,5083867	-7,1	-64,6	-526,2	0,5082688	0,0001822		0,0099830	-1	0,0099902	-1					
<b>Lorch.</b>																													
I 10,8	36,3858	18,2	8,09	726,35	0,5083558	-8,0	-39,4	-535,0	0,5082612	III 37,7754	13,7	12,685	732,1	0,5080943	-5,1	-64,2	-524,4	0,5079767	0,0095138	-1	0,0004824	0,0099692	-1	0,0099980	1	2,0916295	980,911		
I 11,6	36,3888	18,0	8,14	726,45	0,5083558	-8,2	-40,1	-535,0	0,5082612	III 37,7754	13,7	12,72	732,1	0,5080943	-5,1	-64,3	-524,4	0,5079767	0,0095162	-1	0,0004824	0,0099692	-1	0,0099980	1	2,0916295	980,911		
I 0,4	36,3870	18,1	8,13	725,9	0,5083558	-8,8	-40,3	-535,0	0,5082619	III 37,7750	14,0	12,745	732,1	0,5080941	-5,3	-64,2	-524,3	0,5079767	0,0095168	-1	0,0004824	0,0099692	-1	0,0099980	1	2,0916295	980,911		
II 1,4	36,9267	17,1	8,27	726,0	0,5082510	-7,8	-41,7	-535,9	0,5081551	IV 36,2220	16,2	12,82	732,1	0,5083867	-7,1	-64,2	-524,3	0,5082688	0,0001944		0,0099830	-1	0,0099974	-1	0,0099980	1	2,0916295	980,911	
II 2,4	36,9250	17,0	8,31	725,5	0,5082510	-7,5	-41,7	-535,7	0,5081549	IV 36,2220	16,2	12,84	732,1	0,5083868	-7,1	-64,2	-524,1	0,5082688	0,0001938		0,0099830	-1	0,0099978	-1	0,0099980	1	2,0916295	980,911	
II 3,1	36,9269	17,0	8,33	725,25	0,5082507	-8,3	-41,8	-535,8	0,5081544	IV 36,2220	16,2	12,845	732,1	0,5083870	-7,1	-64,9	-524,1	0,5082688	0,0001958		0,0099830	-1	0,0099988	-1					
<b>Schorndorf.</b>																													
I 0,7	36,4609	12,0	5,43	725,6	0,5083369	-3,0	-29,7	-551,3	0,5082576	III 37,7736	14,5	12,785	743,1	0,5080944	-3,6	-66,3	-527,1	0,5079773	0,0095178	-1	0,0004824	0,0099692	-1						
I 1,0	36,4602	13,0	5,43	725,6	0,5083369	-3,0	-29,7	-551,3	0,5082576	III 37,7736	14,5	12,785	743,1	0,5080944	-3,6	-66,3	-527,1	0,5079773	0,0095180	-1	0,0004824	0,0099692	-1	0,0000005		2,0916300	980,916		
I 11,5	36,4607	14,5	5,44	724,4	0,5083371	-6,6	-27,8	-550,5	0,5082571	III 37,7721	14,3	12,855	742,9	0,5080949	-3,5	-69,8	-526,9	0,5079764	0,0095186	-1	0,0004824	0,0099692	-1	0,0000000		2,0916315		980,915	
II 0,8	37,0023	12,1	5,68	724,1	0,5082366	-4,0	-28,6	-550,2	0,5081530	IV 36,2200	15,8	12,96	742,8	0,5083869	-6,7	-69,7	-526,5	0,5082676	0,0001968		0,0099830	-1	0,0099980	-1	0,0099935	1	2,0916310	980,914	
II 1,7	37,0028	12,1	5,65	724,0	0,5082366	-4,0	-28,3	-550,2	0,5081524	IV 36,2205	16,5	12,96	742,7	0,5083868	-7,3	-69,7	-526,4	0,5082676	0,0001966		0,0099830	-1	0,0099980	-1	0,0099935	1	2,0916310	980,914	
II 2,5	37,0033	12,6	5,01	724,7	0,5082364	-4,4	-28,2	-549,9	0,5081528	IV 36,2204	16,2	12,96	742,7	0,5083868	-7,1	-69,7	-526,3	0,5082676	0,0001966		0,0099830	-1	0,0099980	-1					
<b>Cannstatt.</b>																													
I 0,5	36,3786	13,0	6,08	733,45	0,5083559	-5,0	-35,4	-536,0	0,5082664	III 37,8036	13,7	11,32	731,15	0,5080888	-4,1	-58,3	-530,0	0,5079770	0,0095224	-1	0,0004824	0,0000048		0,0000049		2,0916364	980,926		
I 10,4	36,3756	13,4	9,18	733,0	0,5083559	-5,1	-40,1	-535,5	0,5082664	III 37,8043	13,7	11,57	731,05	0,5080890	-5,1	-58,3	-530,5	0,5079770	0,0095222	-1	0,0004824	0,0000044		0,0000049		2,0916364	980,926		
I 11,3	36,3725	13,9	9,48	732,9	0,5083573	-5,2	-40,6	-536,2	0,5082665	III 37,8047	13,7	11,57	731,0	0,5080890	-5,1	-58,4	-530,6	0,5079769	0,0095222	-1	0,0004824	0,0000044		0,0000049		2,0916364	980,926		
II 0,4	36,9162	11,8	6,04	733,05	0,5082538	-3,8	-34,8	-535,8	0,5081534	IV 36,2404	15,5	11,64	730,75	0,5083811	-6,4	-58,5	-530,4	0,5082689	0,0002028		0,0099830	-1	0,0099988	-1	0,0000049		2,0916364	980,926	
II 1,2	36,9124	11,8	6,03	733,0	0,5082538	-3,8	-34,8	-535,8	0,5081534	IV 36,2404	15,5	11,64	730,75	0,5083811	-6,4	-58,5	-530,4	0,5082689	0,0002028		0,0099830	-1	0,0099988	-1	0,0000049		2,0916364	980,926	
II 2,0	36,9111	11,8	6,03	733,0	0,5082538	-3,8	-34,8	-535,8	0,5081534	IV 36,2402	16,0	11,67	730,75	0,5083814	-6,8	-58,5	-530,4	0,5082689	0,0002012		0,0099830	-1	0,0099988	-1	0,0000049		2,0916364	980,926	
<b>Leunberg.</b>																													
I 0,0	36,4990	10,0	6,26	722,6	0,5083499	-3,2	-30,8	-534,4	0,5082663	III 37,8066	12,2	11,515	733,85	0,5080885	-4,1	-58,2	-532,8	0,5079766	0,0095064	-1	0,0004824	0,0098888	-1						
I 10,4	36,4111	11,5	6,35	722,6	0,5083499	-3,6	-31,2	-534,3	0,5082669	III 37,8063	12,8	11,54	734,05	0,5080884	-4,5	-58,3	-533,0	0,5079761	0,0095072	-1									



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 1903

Band/Volume: [59](#)

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

Artikel/Article: [Relative Schwere-messungen in Württemberg. 1-23](#)