Aus diesen Gleichungen ergibt sich für den reciproken Krümmungshalbmesser der Bahncurve der Werth:

$$t = \frac{\sqrt{2}}{c} \cdot \frac{e I}{s} \cdot \frac{w}{\sigma^2},$$

wo $w = \sqrt{\sigma^2 - j^2}$ die ebenfalls constante Componente der Bahngeschwindigkeit σ nach einer zur Richtung der Kraftlinien senkrechten Ebene bezeichnet. Der Krümmungshalbmesser der von dem Theilchen e durchlaufenen Bahn ist also constant, d. h. die Bahn selbst hat die Gestalt einer Schraubenlinie. Da aber die Elemente der Bahn alle denselben Winkel α mit der Richtung der magnetischen Kraftlinien einschliessen, so muss die Axe der Schraubenlinie der Richtung der Kraftlinien parallel sein. Die Projection der Bahncurve auf eine zur Richtung der Kraftlinien senkrechte Ebene ist ein Kreis vom Halbmesser:

$$a = \frac{\sin^2 \alpha}{t} = \frac{c}{\sqrt{2}} \frac{s}{e I} \sigma \sin \alpha.$$

Die Höhe eines Schraubenganges ist:

$$h = \pi c \sqrt{2} \frac{s}{e I} \sigma \cos \alpha.$$

Es ergibt sich hieraus, dass die von Hittorf beobachtete schraubenförmige Windung des electrischen Glimmlichtes unter der Wirkung magnetischer Kräfte durch die Annahme einer Ausstrahlung von mit träger Masse verbundenen electrischen Theilchen erklärt werden kann.

XIII. *Messung der vom Erdmagnetismus auf einen drehbaren linearen Stromleiter ausgeübten Kraft; von Eduard Riecke.*

(Aus den Gött. Nachr. vom 2. Febr. 1881 mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

1. Nach dem electromagnetischen Grundgesetze ist die Transversalkraft, welche ein Magnetpol μ auf ein zu der Richtung der Entfernung senkrechtes Stromelement ausübt, gegeben durch:

$$\frac{\mu i ds}{r^2}.$$

Ist der Pol μ so weit von dem Element ds entfernt, dass das von μ erzeugte magnetische Feld als ein homogenes betrachtet werden kann, so stellt μ/r^2 die Intensität dieses Feldes vor. Ist also das Element ids horizontal gerichtet, so ist die von der Verticalcomponente des Erdmagnetismus auf dasselbe ausgeübte Transversalkraft gleich $Vids$, wenn wir durch V die verticale Intensität des Erdmagnetismus bezeichnen. Es möge nun das Element ds einem längeren, geradlinigen und horizontalen Leiter angehören, welcher um eine durch seinen Anfangspunkt hindurchgehende verticale Axe drehbar ist. Bezeichnen wir die Entfernung des Elements ds von dem Anfangspunkt des Leiters durch s , so ist das von der Verticalcomponente des Erdmagnetismus auf ds ausgeübte Drehungsmoment gleich $Vids$; ist also die ganze Länge des Leiters gleich l , so ist das ganze auf denselben ausgeübte Drehungsmoment gleich:

$$\frac{1}{2} V il^2.$$

2. Um das durch diesen Ausdruck bestimmte Drehungsmoment zu messen, wurde eine Kreisscheibe von Kupfer an einem Drahte von hartem Messing in ihrem Mittelpunkt so aufgehängt, dass sie in horizontaler Stellung im Gleichgewichte sich befand; die obere Fläche der Scheibe war mit Siegellack überzogen, die untere mit einer kreisrund geschliffenen Glasplatte so weit bedeckt, dass nur am Rande derselben ein Ring frei blieb. Die Scheibe war eingetaucht in ein mit Kupfervitriollösung gefülltes Gefäß; der Boden des letzteren war in der Mitte durchbohrt; durch diese Durchbohrung war eine verticale messingene Säule in das Innere des Gefäßes eingeführt, auf welche eine mit der zuvor beschriebenen vollkommen gleiche Scheibe aufgeschraubt war; die nach oben gekehrte Seite derselben war mit einer Glasplatte bedeckt, sodass an ihrem Rande ein Kupferring frei blieb von genau derselben Breite wie bei der beweglichen Scheibe. Wurde nun durch den Suspensionsdraht ein galvanischer Strom in die drehbare Scheibe eingeleitet, so trat derselbe aus dem freien Rande der unteren Fläche aus und ging durch die Kupfervitriollösung hindurch in den gegenüberstehenden Rand der Standscheibe; aus diesem wird er

dann durch einen mit ihrem Träger verbundenen Draht vertical nach unten abgeleitet. In den Stromkreis war ausserdem eingeschaltet eine Tangentenbussole und ein Siemens'scher Rheostat. Die Anordnung der Verbindungen ist aus Taf. I Fig. 13 zu ersehen. Die beiden Rechtecke *STMP* und *STNQ*, welche von dem galvanischen Strome stets in entgegengesetztem Sinne umkreist werden, lagen in einer und derselben Ebene, der Ebene des magnetischen Meridians. Als Beobachtungsraum diente der eisenfreie Pavillon des physikalischen Instituts.

Die Betrachtung des durch den Strom auf der beweglichen oder der Standscheibe erzeugten Kupferniederschlags zeigte, dass derselbe sich über die ganze Fläche der Electrodenringe anscheinend gleichförmig vertheilte. Man wird also, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, annehmen können, dass der Austritt oder Eintritt des Stromes in der ganzen Fläche der Electroden mit derselben Stromdichtigkeit sich vollzieht. Mit Hülfe dieser Annahme ergibt sich für das von der Verticalcomponente des Erdmagnetismus auf die von dem Strome i durchflossene Scheibe ausgeübte Drehungsmoment der Ausdruck:

$$\frac{1}{2} V i l^2 \left(1 + \frac{\delta^2}{l^2} \right),$$

wenn man durch l den mittleren Halbmesser des Electrodenringes, durch δ die halbe Breite desselben bezeichnet. Wird durch dieses Moment die Scheibe um einen Winkel φ gedreht, so hat man, wenn unter D die Directionskraft der Torsion verstanden wird:

$$D \varphi = \frac{1}{2} V i l^2 \left(1 + \frac{\delta^2}{l^2} \right), \quad 2 \varphi = \frac{V i l^2}{D} \left(1 + \frac{\delta^2}{l^2} \right).$$

Wird die Drehung der Scheibe mit Hülfe von Spiegel und Scala beobachtet, und ist der Scalenausschlag gleich n , die Entfernung zwischen Spiegel und Scala gleich r , so ist:

$$2 \varphi = \frac{n}{r} \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{n^2}{r^2} \right).$$

Somit:
$$n = \frac{V i l^2 r}{D} \left(1 + \frac{\delta^2}{l^2} \right) \left(1 + \frac{1}{2} \frac{n^2}{r^2} \right).$$

3. Messung der horizontalen und verticalen Intensität des Erdmagnetismus.

Eine Bestimmung dieser beiden Grössen in dem magnetischen Pavillon des Instituts wurde im Jahre 1879 mit Hülfe eines transportablen Magnetometers von Meyerstein ausgeführt. Das Trägheitsmoment desselben wurde für eine Temperatur von 0° gefunden $= 16083 \cdot 10^4$.

Der Torsionscoefficient war 0,01117; die Schwingungsdauer wurde immer am Anfang und Schluss einer Messung beobachtet. Bei den Ablenkungsbeobachtungen wurde der Hauptstab auf den an dem Stative befestigten Messingarmen in zwei verschiedenen Entfernungen von der Hülfsnadel sowohl östlich als westlich aufgelegt; diese Entfernungen waren für eine Temperatur von 0° gleich 450,06 und 600,07 mm. Der Torsionscoefficient der Hülfsnadel war 0,00485; das Verhältniss von T zu M wurde berechnet nach der Formel:

$$\frac{M}{T} = \frac{r^3 (1 + \vartheta) \operatorname{tg} \varphi}{2 \left(1 - \frac{k}{r^2} \right)},$$

wo:

$$k = \frac{r_1^3 \operatorname{tg} \vartheta_1 - r_2^3 \operatorname{tg} \vartheta_2}{r_2^5 \operatorname{tg} \varphi_2 - r_1^5 \operatorname{tg} \varphi_1} r_1^2 r_2^2.$$

Die an sechs verschiedenen Tagen angestellten Beobachtungen und deren Resultate sind im Folgenden zusammengestellt:

Tag der Beobacht.	t	r_1	r_2	k	M	T
23. Sept.	$\left\{ \begin{smallmatrix} 10,123 \\ 10,143 \end{smallmatrix} \right\}$	$2^{\circ} 19,18'$	$5^{\circ} 28,15'$	1290	$8222 \cdot 10^3$	1,8605
24. Sept.	$\left\{ \begin{smallmatrix} 10,096 \\ 10,117 \end{smallmatrix} \right\}$	$2^{\circ} 18,43'$	$5^{\circ} 26,25'$	1520	$8221 \cdot 10^3$	1,8703
25. Sept.	$\left\{ \begin{smallmatrix} 10,111 \\ 10,124 \end{smallmatrix} \right\}$	$2^{\circ} 18,37'$	$5^{\circ} 25,90'$	1770	$8210 \cdot 10^3$	1,8688
26. Sept.	$\left\{ \begin{smallmatrix} 10,099 \\ 10,110 \end{smallmatrix} \right\}$	$2^{\circ} 18,53'$	$5^{\circ} 26,67'$	1180	$8224 \cdot 10^3$	1,8702
9. Oct.	$\left\{ \begin{smallmatrix} 10,088 \\ 10,109 \end{smallmatrix} \right\}$	$2^{\circ} 18,38'$	$5^{\circ} 26,23'$	1340	$8225 \cdot 10^3$	1,8722
10. Oct.	$\left\{ \begin{smallmatrix} 10,092 \\ 10,102 \end{smallmatrix} \right\}$	$2^{\circ} 18,70'$	$5^{\circ} 26,83'$	1550	$8236 \cdot 10^3$	1,8705
Mittelwerthe für den 2. Oct. 1879				1340	$8223 \cdot 10^3$	1,8705

Das Verhältniss der verticalen zur horizontalen Componente des Erdmagnetismus wurde mit Hülfe eines Erdinductors gemessen, und es wurden an drei aufeinander folgenden Beobachtungstagen die folgenden Werthe erhalten:

Tag der Beobacht.	<i>A</i>	<i>B</i>	$\frac{V}{T}$
1. Oct.	740,81	319,56	2,2735
2. Oct.	741,30	319,51	2,2754
3. Oct.	740,83	319,31	2,2754

Hier sind *A* und *B* die bei Anwendung der Vertical- und Horizontalintensität erhaltenen Scalenausschläge bei einer Entfernung von 2827 mm zwischen Spiegel und Scala. Im Mittel ergibt sich für den 2. October der Werth:

$$\frac{V}{T} = 2,2748,$$

woraus sich die Inclination zu $66^{\circ} 16,15'$, die verticale Intensität zu 4,2549 berechnet.

Die Beobachtungen des auf die electrodynamische Drehwage, wie wir die bewegliche, vom Strom durchflossene Scheibe nennen können, ausgeübten Drehungsmomentes wurden im Jahre 1880 in der zweiten Hälfte des October angestellt. Die für diese Zeit geltenden Werthe der erdmagnetischen Elemente können aus den oben angeführten mit Hülfe der bekannten jährlichen Variationen berechnet werden. Die jährliche Zunahme der horizontalen Intensität beträgt nach neueren Beobachtungen 0,0018, die jährliche Abnahme der Inclination $1' 29''$. Hiernach ergeben sich für den October des Jahres 1880 in dem magnetischen Pavillon die Werthe:

$$T = 1,8723; \quad j = 66^{\circ} 14,67'.$$

Für die Horizontalintensität liegt ausserdem für den October des Jahres 1880 eine directe Bestimmung vor, welche Hr. Dr. Schering in dem magnetischen Observatorium angestellt hat. Dieselbe ergab den Werth:

$$T_0 = 1,8634.$$

Andererseits ergab eine ebenfalls von Hrn. Dr. Schering angestellte Vergleichung für das Verhältniss der Intensitäten

in dem magnetischen Pavillon und dem magnetischen Observatorium den Werth 1,0056; somit ist die Horizontalintensität in dem magnetischen Pavillon gleich 1,8738 in vollkommener Uebereinstimmung mit dem oben gefundenen Werthe. Bei der Berechnung der an der Drehwage angeordneten Beobachtungen können wir demnach setzen:

$$V = 4,253.$$

4. Directionskraft der Drehwage.

Die Directionskraft der Drehwage wurde nach dem Gauss'schen Verfahren bestimmt. Zwei cylindrische, in der Axe ausgebohrte Bleigewichte von einer Gesamtmasse von 399 705 mg waren auf den die drehbare Scheibe tragenden Suspensionsstift aufgeschoben. Nachdem bei dieser Lage derselben die Schwingungsdauer des ganzen Systems bestimmt worden war, wurden die Gewichte entfernt und auf zwei verticale Stifte aufgesetzt, welche an einem mit dem Suspensionsstifte verbundenen horizontalen Träger in gleicher Entfernung von der Mitte angebracht waren. Die Schwingungsdauer des Systems wurde von neuem bestimmt und mit Hülfe des bekannten Abstandes der Mittelpunkte der äusseren Stifte die Directionskraft berechnet, dieser letztere Abstand beträgt bei 0° 100,036 mm.

Es wurden zwei Bestimmungen der Directionskraft ausgeführt, die eine vor, die andere nach der Anstellung der electromagnetischen Messungen. Die Resultate derselben sind im Folgenden zusammengestellt.

t_i	t_a	t'_a	D
21,252 } 21,297 }	42,407	42,259	2951.10 ⁴
21,230 } 21,268 } 21,226 }	42,387	42,148	2959.10 ⁴

Hier bezeichnet t_i die Schwingungsdauer mit Gewichten in der Mitte, t_a und t'_a die Schwingungsdauern mit Gewichten aussen in zwei um 180° gegeneinander gedrehten Stellungen. Im Mittel ergibt sich:

$$D = 2955.10^4.$$

Bei den electromagnetischen Messungen wird diese Directions-kraft infolge der Erwärmung des Suspensionsdrahtes durch den Strom eine Verminderung erleiden; die hierdurch bedingte Correction ist im Folgenden vernachlässigt, da ein Mittel zur Messung der Temperatur des Drahtes nicht vorhanden war.

5. Messung der Stromstärke.

Um die Constanz der an der Drehwage beobachteten Ablenkung zu prüfen, war es nothwendig, den Strom längere Zeit in einer und derselben Richtung geschlossen zu halten, ohne durch eine Commutation desselben in der Tangentenbussole eine Unterbrechung zu veranlassen. Die Stromstärken waren also aus einseitigen Ablenkungen der Nadel der Tangentenbussole zu bestimmen. Bezeichnet man den Winkel, welchen die Ebene der Windungen mit dem magnetischen Meridian einschliesst, durch α , einen Ausschlag, bei welchem der Nordpol der Nadel nach Osten abgelenkt wird, durch φ , einen Ausschlag nach Westen durch ψ , so gelten für die benutzte Tangentenbussole die Gleichungen:

$$\frac{i}{0,85725} \cos(\varphi + \alpha) \{1 - 0,02 \sin^2(\varphi + \alpha)\} = T \sin \varphi,$$

$$\frac{i}{0,85725} \cos(\psi - \alpha) \{1 - 0,02 \sin^2(\psi - \alpha)\} = T \sin \psi.$$

Aus der Beobachtung zweier, derselben Stromstärke entsprechender Werthe von φ und ψ ergibt sich:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin(\psi - \varphi)}{2 \sin \varphi \sin \psi}.$$

Zur Bestimmung des Winkels α wurde der Strom zweier Grove'scher Elemente unter Einschaltung eines Widerstandes von 25 S.-E. durch die Tangentenbussole geleitet; es ergab sich:

$$\varphi = 38,48^\circ \quad \psi = 39,02^\circ,$$

woraus:

$$\alpha = 0,69^\circ \text{ westlich.}$$

Was den Werth der Horizontalintensität für den Mittelpunkt der Tangentenbussole anbelangt, so ist zu bemerken, dass das zur Bestimmung der Horizontalintensität dienende Magnetometer in einer durch den Mittelpunkt der Bussole senkrecht zum magnetischen Meridian hindurchgehenden

Verticalebene aufgestellt war. Der Mittelpunkt des Magnets war von dem Mittelpunkte der Bussole in horizontaler Richtung um 1183 mm, in verticaler um 165 mm entfernt. Darnach ergibt sich für die Horizontalintensität im Mittelpunkte der Bussole der Werth:

$$1.8710 - \frac{822 \cdot 10^4}{1194^3} = 1.8662.$$

Zur Bestimmung der Stromstärke ergaben sich somit die Formeln:

$$i = 1,5998 \frac{\sin \varphi}{\cos (\varphi + \alpha)} (1 + 0,02 \sin^2 \varphi + \alpha),$$

$$i = 1,5998 \frac{\sin \psi}{\cos (\psi - \alpha)} (1 + 0,02 \sin^2 \psi - \alpha).$$

6. Die Ablenkungsbeobachtungen an der Drehwage.

Die mit der Drehwage ausgeführten Versuchsreihen sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Die Einstellungen der Scheibe wurden durch Standbeobachtungen ermittelt; es wurde in der Regel von 5 zu 5 Minuten ein Satz von Beobachtungen gemacht, wobei die Einstellungen von 9 zu 9 Secunden notirt wurden. Da die Schwingungsdauer der Scheibe nahezu gleich 18 Secunden war, so konnte aus je zwei um 18 Secunden voneinander abstehenden Einstellungsbeobachtungen die Ruhelage der Scheibe berechnet werden, wobei für das Dämpfungsverhältniss der Werth 1,7 zu setzen war. Die Ablenkungen der Nadel der Tangentenbussole wurden mit Hülfe zweier zu ihrer Axe senkrechter Glasfäden beobachtet, welche über einem auf einer Spiegelplatte befindlichen Theilkreise sich bewegten. Diese beiden Fäden sind im Folgenden mit o und w bezeichnet. Es möge nun das Protocoll der zuerst angestellten Beobachtungsreihe in etwas ausführlicherer Weise mitgetheilt werden; zu bemerken ist noch, dass einer Bewegung der Zeiger o und w nach zunehmenden Graden eine östliche Ablenkung entspricht.

15. Oct. 1880. Der positive Strom geht von der Peripherie der Scheibe zum Centrum.

Zeit	Tangentenbuss.		Drehwage	Zeit	Tangentenbuss.		Drehwage
	<i>o</i>	<i>w</i>			<i>o</i>	<i>w</i>	
9 ^h 50 ^m —	—	—	914,0	10 ^h 40 ^m —	105,0	285,0	—
55 —	105,05	285,0	914,1	42 —	—	—	914,8
58 —	—	—	914,4	44 —	—	—	914,3
59 —	Strom geschlossen		—	44 33 ^s —	—	—	922,7
59 33 ^s —	—	—	922,1	— 42 —	—	—	920,6
— 42 —	—	—	920,1	— 51 —	—	—	921,0
— 51 —	—	—	919,9	45 —	—	—	922,3
10 — —	—	—	921,9	— 9 —	—	—	922,8
— 9 —	—	—	922,1	— 18 —	—	—	922,0
— 18 —	—	—	921,3	— 27 —	—	—	921,4
— 27 —	—	—	920,8	10 50 —	48,52	229,0	921,2
10 5 —	159,56	339,5	920,9	55 —	49,02	229,4	921,1
10 10 —	160,08	340,0	921,1	11 — —	49,05	229,47	921,3
15 —	160,08	340,02	920,8	5 —	49,05	229,45	921,3
20 —	160,07	340,02	920,9	8 —	—	—	921,3
23 —	—	—	921,0	11 9 —	Strom geöffnet		—
24 —	Strom geöffnet		—	9 33 —	—	—	915,1
24 33 —	—	—	914,0	— 42 —	—	—	917,0
— 42 —	—	—	916,9	— 51 —	—	—	915,0
— 51 —	—	—	915,7	10 — —	—	—	913,8
25 — —	—	—	913,9	— 9 —	—	—	914,0
— 9 —	—	—	913,7	— 18 —	—	—	915,0
— 18 —	—	—	914,4	— 27 —	—	—	915,6
— 27 —	—	—	914,9	15 — —	—	—	914,9
10 30 —	—	—	914,8	20 — —	—	—	914,7
35 — —	—	—	914,6	25 — —	—	—	914,9

Es ergeben sich hieraus die folgenden zusammengehörigen Ablenkungen der Tangentenbussole und der Drehwage:

Zeit	φ	n	Zeit	ψ	n
10 ^h 0 ^m —	—	6,9	10 ^h 45 ^m —	—	6,7
5 —	54,52	6,5	50 —	56,24	6,5
10 —	55,03	6,7	55 —	55,79	6,4
15 —	55,04	6,4	11 0 —	55,74	6,6
20 —	55,03	6,5	5 —	55,75	6,6
23 —	—	6,6	8 —	—	6,6
Mittel	54,90	6,60	Mittel	55,88	6,58

Die Resultate von drei anderen in derselben Weise angestellten Beobachtungsreihen sind im Folgenden zusammengestellt.

16. Oct. 1880. Der positive Strom geht vom Centrum der Scheibe zur Peripherie.

Zeit	ψ	n	Zeit	φ	n
11 ^h 25 ^m	—	9,3	11 ^h 55 ^m	—	9,3
30	63,79	9,1	12 0	63,03	9,1
35	63,68	9,2	5	62,99	9,0
38	—	9,3	8	—	8,9
Mittel	63,73	9,22	Mittel	63,01	9,07

18. Oct. 1880. Der positive Strom geht von der Peripherie der Scheibe zum Centrum.

Zeit	ψ	n	Zeit	φ	n
9 ^h 15 ^m	—	8,8	10 ^h 0 ^m	—	9,1
20	62,90	8,5	5	62,87	9,1
25	63,29	8,6	10	62,83	9,0
30	63,37	8,8	15	62,85	9,3
35	63,39	9,0	20	62,85	9,3
40	63,40	8,7	25	62,83	9,3
43	—	8,9	28	—	9,2
Mittel	63,27	8,76	Mittel	62,85	9,19

19. Oct. 1880. Der positive Strom geht vom Centrum der Scheibe zur Peripherie.

Zeit	φ	n	Zeit	ψ	n
9 ^h 40 ^m	—	7,8	10 ^h 15 ^m	—	7,9
45	59,75	7,7	20	60,25	7,7
50	59,73	7,7	25	60,30	7,7
55	59,76	7,7	30	60,30	7,7
58	—	7,7	33	—	7,7
Mittel	59,75	7,72	Mittel	60,28	7,74

7. Die berechneten Werthe der Ablenkung.

Die Entfernung zwischen Spiegel und Scala betrug 2644,5 Scalentheile; die Ablenkungen n können demnach berechnet werden nach der Formel:

$$n = \frac{V i l^2 r}{D} \left(1 + \frac{\delta^2}{l^2} \right).$$

Für den inneren Durchmesser der Kupferscheide ergab sich bei einer Temperatur von 15° der Werth 164,13 mm,

für den äusseren Durchmesser bei 13° der Werth 175,01 mm. Hiernach ist:

$$l = 84,78, \quad \delta = 2,72.$$

Somit erhalten wir mit Rücksicht auf die früher für V und D gegebenen Werthe:

$$n = 2,739 \times i.$$

Hiernach ergibt sich die folgende Zusammenstellung der berechneten und beobachteten Werthe von n .

i	n ber.	n beob.	$\frac{n \text{ beob.}}{n \text{ ber.}}$	i	n ber.	n beob.	$\frac{n \text{ beob.}}{n \text{ ber.}}$
2,348	6,43	6,60	1,026	3,152	8,63	8,76	1,015
2,351	6,44	6,58	1,022	3,246	8,89	9,19	1,033
3,215	8,81	9,22	1,046	2,844	7,79	7,72	0,991
3,269	8,95	9,07	1,013	2,786	7,63	7,74	1,014

Die Differenz zwischen den beobachteten und berechneten Werthen beträgt im Mittel 0,16 Scalentheile, während ein Scalenthail einem Winkel von 39 Secunden entspricht. Mit einer Ausnahme sind die beobachteten Werthe grösser als die berechneten, und zwar im Mittel um 0,020. Eine solche Differenz würde durch eine Erwärmung des Suspensionsdrahtes um etwa 40 Grade ihre Erklärung finden.

XIV. *Ein akustischer Apparat zu Vorlesungszwecken; von Dr. H. Maschke.*

Hr. Prof. Schellbach beauftragte mich, die bisher zur Erkennung von Knoten und Bäuchen der tieferen Töne von offenen und geschlossenen Röhren üblichen Methoden so zu modificiren, dass eine objective Darstellung für einen grösseren Zuhörerkerkreis ermöglicht werde. Der im Folgenden beschriebene Apparat entspricht dieser Aufgabe und scheint auch in anderer Beziehung vor den früher zu ähnlichen Zwecken benutzten¹⁾ einige Vorzüge zu haben.

1) W. Hopkins, Pogg. Ann. 44. p. 246. 1838.