DER PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND XXXVII.

*I. Anwendung des bolometrischen Princip
auf electrische Messungen;
von A. Paalzow und H. Rubens.*

(Hlerzu Taf. VI Fig. 1–4.)

Bei Gelegenheit einer Untersuchung über den calorimetrischen Effect, welchen einzelne Entladungen in Geissler'schen Röhren hervorbringen, bestimmten wir die auftretende Erwärmung mit Hülfe eines Bolometers. Ein feiner Eisendraht wurde um den geschwärzten capillaren Theil der Röhre spiralförmig gewunden und die Aenderung seines Widerstandes mit Hülfe der Wheatstone'schen Brücke an einem empfindlichen Spiegelgalvanometer beobachtet.

Die Einfachheit und Empfindlichkeit dieser Methode hat uns dazu veranlasst, dieselbe weiter auszuarbeiten und auch umgekehrt zur Messung der von Intensität von Wechselströmen und Entladungen anzuwenden.

I. Beschreibung des Instruments.

Das erste Instrument, welches wir zu diesem Zweck construirten, bestand im wesentlichen aus zwei Theilen, einem Behälter, in welchem durch den zu messenden Strom Wärme erzeugt wurde, und einer Wheatstone'schen Combination. Zwei diametral gelegene Zweige derselben befanden sich im Innern jenes Behälters, während die beiden anderen in einem Oelbade auf constanter Temperatur gehalten wurden. Ein solches Instrument leidet jedoch an denselben Fehlern, wie das Riess'sche Luftthermometer. Es kann gegen äussere thermische Einflüsse nicht in genügender Weise isolirt werden, da es nicht den Vorzug besitzt, ein Differentialthermometer zu sein; wegen der verhältnissmässig grossen Wärmecapacität des Behälters arbeitet es langsam und ist ziemlich unempfindlich, da nur ein kleiner Theil der erzeugten Strom-

wärme zur Temperaturerhöhung der Vergleichswiderstände benutzt wird. Zur Messung schwacher Wechselströme ist es daher völlig ungeeignet.

Wir stellten uns demgemäss die Aufgabe, ein Instrument von geringer Wärmecapacität herzustellen, welches von den eben erwähnten Uebelständen frei wäre. Die einfachste und zugleich wirkungsvollste Lösung dieses Problems besteht offenbar darin, den Behälter gänzlich aufzugeben und den Vergleichswiderstand selbst durch den zu messenden Strom zu erwärmen. Man muss dann allerdings dem Bolometerwiderstand eine solche Form geben, dass er von dem zu messenden und dem Hilfsstrom¹⁾ gleichzeitig durchflossen werden kann, ohne dass beide Ströme einander im geringsten beeinflussen. Hierzu aber gibt uns die Wheatstone'sche Brücke ein Mittel an die Hand. Es sei $ABCD$ (Fig. 1) ein aus vier gleichen Drahtstücken bestehendes gleichseitiges Parallelogramm. Befinden sich in A und C die Zuleitungsdrähte einer Kette, so kann unter diesen Voraussetzungen in B und D keinerlei Potentialdifferenz auftreten. Führt man andererseits bei B und D einen Strom ein, so sind A und C Punkte gleichen Potentials. Hieraus geht hervor, dass zwei Ströme, welche ein solches Drahtviereck im Sinne der beiden Diagonalen, d. h. in der Richtung von A nach C , resp. von B nach D , durchfliessen, keinen Einfluss aufeinander ausüben können, der von einer Potentialdifferenz herrührt.

Schaltet man also zwei Leiter von dieser Beschaffenheit als Vergleichswiderstände in eine Wheatstone'sche Brücke (Fig. 2) und lässt, nachdem man dieselbe abgeglichen, einen beliebigen Strom, z. B. den eines erregten Telephons, in der Richtung der anderen Diagonale (BD) durch einen derselben hindurchgehen, so erhält man am Galvanometer je nach der Intensität des Stroms einen grösseren oder kleineren Ausschlag.

Dass diese Wirkung nur von der Erwärmung herrührt, ergibt sich sofort, wenn man einen constanten Strom statt des Wechselstroms in den Vergleichswiderstand einführt.

1) Unter dem „Hilfsstrom“ ist und wird künftig der Strom der Wheatstone'schen Brücke verstanden.

Sind die vier Zweige des Bolometerwiderstandes gut abgeglichen, so zeigt es sich alsdann, dass der Ausschlag seiner Grösse und Richtung noch von der Richtung des eingeführten Stroms unabhängig ist.

Um die Ausgleichung der vier Drahtstücke des Vergleichswiderstandes jederzeit in einfacher Weise reguliren zu können, wurde an einer geeigneten Stelle (LM) ein Schleifcontact mit Quecksilberzuführung angebracht. Eine gleiche Vorrichtung diente dazu, die Einstellung der Wheatstone'schen Brücke zu erleichtern.

Die Rücksicht auf die Bequemlichkeit des Experimentirens und den sicheren Gang des Instruments veranlasste uns dazu, ihm schliesslich folgende Form zu geben:

Auf ein polirtes Holzkästchen (Fig. 3) ist ein gut schliessender Deckel aufgesetzt, auf dessen äusserer Seite zwei Messdrähte mit Quecksilbercontact (LM und PQ)¹⁾ angebracht sind. Ferner befinden sich auf seiner Aussenseite sechs Klemmschrauben B, D, G, H, E und F . Hiervon sind B und D zur Aufnahme des zu messenden Stroms bestimmt, von G und H aus werden die Zuführungen zum Galvanometer vermittelt, E und F endlich dienen dazu, den Hilfsstrom J einzuführen.

Auf der Rückseite des Deckels (Fig. 4), also im Innern des Kastens, befinden sich die Vergleichswiderstände w_1, w_2, w_3, w_4 .

w_3 und w_4 sind aus Neusilberdraht gefertigt und in wenigen Windungen bifilar auf Röllchen gewickelt. Zur Herstellung der Bolometerwiderstände wurde ein feiner, blanker Platindraht (Radius $\rho = 0,03$ mm) verwandt und zwischen Messingstiften frei aufgespannt. Die übrigen in der Figur angedeuteten Verbindungen wurden durch starke umspinnene Kupferdrähte (Radius $\rho = 0,3$ mm) gebildet, deren Widerstand gegen denjenigen von w_1 zu vernachlässigen war. Bei der Ausführung wurde darauf geachtet, dass sowohl die Vergleichswiderstände w_1, w_2, w_3, w_4 als auch die vier Theile des Bolometerwiderstandes w_2 untereinander möglichst gleich aus-

1) Um die Bedeutung der einzelnen Theile leichter verständlich zu machen, sind für die entsprechenden Stücke dieselben Bezeichnungen gewählt, wie in der schematischen Darstellung der Fig. 2.

fielen. Es wurde hierdurch erreicht, dass durch Verschiebungen an den Schleifcontacten trotz des geringen Spielraums, welche diese in Beziehung auf die Aenderung der Widerstandsverhältnisse gestatteten, jederzeit eine richtige Einstellung zu erreichen war.

II. Benutzung des Instruments.

Bei der Benutzung des Instruments erwies es sich als zweckmässig, die folgenden Vorsichtsmaassregeln in Anwendung zu bringen:

Etwa zehn Minuten vor dem Gebrauch des Apparates wird der Hülfsstrom¹⁾ geschlossen, damit zu Beginn des Versuchs die Bolometerwiderstände constante Temperatur angenommen haben. Ist dies geschehen, so wird die Brücke abgeglichen und mit Hülfe eines constanten Stroms die richtige Einstellung des Schleifcontacts am Bolometerwiderstand in der oben angegebenen Weise controlirt. Schliesslich wird das Instrument in eine mit Watte ausgeschlagene Holzkiste gesetzt und mit mehreren Lagen Watte bedeckt. Bei dieser Art der Wärmeisolirung hält das Instrument den Nullpunkt in durchaus befriedigender Weise, und selbst die Anwesenheit mehrerer sich bewegender Personen im Zimmer ist nicht im Stande, bedeutendere Schwankungen zu bewirken. Unter solchen Verhältnissen waren Ausschläge von 1 bis 2 Scalentheilen noch mit Sicherheit zu constatiren, und solche von 10 Scalentheilen, wie man aus den nachfolgenden Tabellen ersehen wird, noch durchaus messbar.

III. Graduirung und Empfindlichkeit.

Um zu untersuchen, in wie weit die beobachteten Ausschläge dem Quadrat der Intensität des zu messenden Stroms proportional sind, und um die Empfindlichkeit dieses Electrodynamometers festzustellen, haben wir eine Reihe von Versuchen gemacht.

Der Strom eines Daniell'schen Elements (electromot. Kraft = 1,14), in dessen Stromkreis mit Hülfe eines Rheostaten verschiedene Widerstände W eingeschaltet werden konnten, wurde mit dem Instrument gemessen. Der innere Widerstand des Elements betrug etwas mehr als 1 Ohm, derjenige des

1) Als Stromquelle diente ein Daniell'sches Element.

Vergleichswiderstandes 3,9 Ohm. Der Gesamtwiderstand des zu messenden Stroms war somit $W = W_0 + 5$.

Die erste Spalte der folgenden Tabelle enthält die Widerstände W , die zweite die beobachteten Ausschläge α , die dritte die Quadratwurzel aus α und die vierte das Product $W\sqrt{\alpha}$. Diese letztere Zahl muss, sofern das quadratische Gesetz gilt, eine Constante sein.

Bei der Ablesung der Ausschläge wurde nach jeder Beobachtung die Richtung des zu messenden Stroms umgekehrt und die Ablesung wiederholt. Das Mittel aus zwei auf diese Weise erhaltenen Werthen ist in der Tabelle als Einzelbeobachtung aufgeführt.

W	Einzelbeob.			α Mittel	$\sqrt{\alpha}$	$W \cdot \sqrt{\alpha}$
105	351	352	350	351	18,7	1970
155	162	162	159	162	12,7	1960
205	96	96	97	96	9,80	2010
255	62	62	62	62	7,87	2020
305	43	41	42	42	6,48	1980
405	25	26	25	25,3	5,03	2030
505	16	16	17	16,3	4,04	2040
605	13	11	12	12,0	3,47	2030

Die Tabelle lehrt, dass bei Einschaltung von Widerständen bis etwa 600 Ohm, d. h. für Stromstärken grösser als 0,002 Amp., das quadratische Gesetz mit guter Annäherung gilt.

Noch erheblich bessere Resultate lieferte ein anderes Instrument der gleichen Construction, dessen Vergleichswiderstände aus dünnem Eisendraht gefertigt waren ($\rho = 0,035$ mm).

Wie die nachstehende Tabelle erkennen lässt, liefert es trotz seines geringeren Widerstandes (von 2,85 Ohm) mehr als doppelt so grosse Ausschläge.

W	Einzelbeob.			α Mittel	$\sqrt{\alpha}$	$W \cdot \sqrt{\alpha}$
204	216	216	215	215,8	14,68	2995
304	96	97	96	96,3	9,81	2982
404	55	55	54,5	54,8	7,40	2989
504	35	35,5	35	35,2	5,93	2987
604	24,8	26,0	23,7	24,5	4,95	2990
704	18,2	18,5	18,0	18,2	4,26	2997
804	13,8	14,2	13,7	13,9	3,73	2999
1004	8,75	9,0	9,0	8,9	2,98	2992
Mittel						2991

Zur Bestimmung der Constanten¹⁾ des Dynamometers K_6 wollen wir die in der zweiten Tabelle aufgeführte Versuchsreihe zu Grunde legen. Die unbeschränkte Gültigkeit des quadratischen Gesetzes vorausgesetzt, erhalten wir:

$$K_d \cdot \frac{1,14}{2991} = 0,0381.$$

IV. Vergleich mit den Electrodynamometern von Fröhlich und Hertz.

Man erkennt, dass das oben beschriebene Instrument in dieser Form und mit diesem Galvanometer²⁾ die Empfindlichkeit der Electrodynamometer von Wilhelm Weber und J. Fröhlich bei weitem nicht erreicht.

So beobachteten wir an einem Fröhlich'schen Dynamometer für constanten Strom eine nahezu 20mal grössere Empfindlichkeit. Diese wird jedoch bekanntermassen illusorisch, wenn man es mit schnell alternirenden Strömen zu thun hat. Infolge des hohen Selbstinductionscoefficienten dieser Instrumente nimmt ihr scheinbarer Widerstand mit der Anzahl der Stromwechsel rasch zu,³⁾ ein Umstand, der

1) Wir bezeichnen als Constante (K_d) des Dynamometers diejenige Stromintensität, welche erforderlich ist, um einen Ausschlag von einem Scalentheile hervorzubringen.

2) Die Constante des Galvanometers war $K_g = 0,04680$, sein Widerstand = 6,5 Ohm.

3) In einem Aufsatz über eine „dynamometrische Vorrichtung von geringem Widerstand und verschwindender Selbstinduction“, Zeitschr. für Instrumentenkunde, Jan 1883, berichtet Hertz in Betreff dieses Uebelstandes wie folgt: Ist W der Widerstand des Instruments (eines Weber'schen Dynamometers), P sein Selbstinductionscoefficient, T die Periode eines alternirenden Stroms, so verhält sich der scheinbare Widerstand gegenüber diesem Strom zu dem eigentlichen Widerstand w wie: $\sqrt{1 + (P^2\pi^2)/(T^2w^2)}:1$. Nun kann für das von Wilhelm Weber beschriebene Instrument und die ähnlichen im Gebrauch befindlichen Formen der Coefficient P als von der Ordnung von 1 bis 2 Erdquadranten veranschlagt werden; nehmen wir w zu 200 J.-E. oder angenähert zu 200 Erdquadranten in der Secunde, so folgt, dass schon für einen Strom, der 50mal in der Secunde seine Richtung ändert, der Widerstand im Verhältniss $\sqrt{2}:1$ vergrößert erscheint. Einem Strom aber, welcher 5000mal in der Secunde seine Richtung ändert, würde das Instrument einen Widerstand von 20000 Einheiten entgegensetzen. Ueber das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Strömen, die mehr als 10000mal in der Secunde

ihre Anwendbarkeit als Messinstrumente in erheblichem Maasse beschränkt und dieselbe in einer grösseren Reihe von Fällen gänzlich ausschliesst.

Vielfach wirkt auch der durch die Construction bedingte sehr grosse innere Widerstand dieser Instrumente ungünstig (er liegt der Grössenordnung nach zwischen 200 und 800 Einheiten), sodass man oft ein weniger empfindliches Instrument mit kleinem Widerstand mit Vortheil zur Verwendung bringt.

Frei von den beiden erwähnten Uebelständen ist, soweit uns bekannt, von den empfindlicheren Instrumenten nur das Electrodynamometer von Hertz¹⁾, welches auf der Messung der durch die Stromwärme eintretenden Längenänderung eines feinen Metalldrahts beruht und der Einfachheit seiner Construction und Aufstellung wegen grosse Vorzüge besitzt. Indessen wird dieses Instrument von dem oben beschriebenen an Empfindlichkeit weit übertroffen. Den Angaben des Autors zufolge hat die Constante seines Dynamometers etwa den sechzigfachen Werth wie diejenige des unserigen.

V. Einzelne Versuche.

Um uns über die Brauchbarkeit unseres Instruments für verschiedene Zwecke ein Urtheil bilden zu können, haben wir eine Reihe von Versuchen angestellt. Es sei uns gestattet, einige derselben mitzutheilen.

1) Die Poldrähte eines Telephons wurden mit dem Dynamometer verbunden, jenes durch eine Hornpfeife erregt und der Ausschlag gemessen. Bei gleicher Stärke des Anblasens erhielt man so für ein Telephon (I) von 200 Ohm Widerstand einen Ausschlag von 20 Scalentheilen, für ein anderes (II) von 10 Ohm Widerstand über 200 Scalentheile. Die grössere Wirkung im letzteren Fall beruht natürlich vorwiegend auf der günstigeren Lage der Widerstandsver-

ihre Richtung ändern, vermag demnach das Dynamometer keinen Aufschluss zu geben, da seine Einführung in den Schliessungskreis an sich das Zustandekommen solcher Ströme verhindert. Es wird daher unanwendbar beispielsweise dann, wenn es sich um die Entladung Leydener Flaschen in kurzen metallischen Schliessungsbögen handelt.

1) Siehe die in der vorstehenden Anmerkung citirte Arbeit.

hältnisse. Aus dem gleichen Grunde erhielt man an dem bereits erwähnten Fröhlich'schen Dynamometer (Widerstand = 686 Ohm) unter denselben Verhältnissen für das Telephon I einen weit grösseren, dagegen für II einen bedeutend kleineren Ausschlag, als ihn unser Instrument liefert.

2) In Combination mit einem Ader'schen Mikrophon kann das Bolometer sehr wohl zum Messen der Schallintensität von Tönen und Geräuschen verwandt werden. Wurde ein starkes Geräusch durch eine Orgelpfeife oder die menschliche Stimme in der Nähe der Mikrophonplatte erregt, so erhielt man Ausschläge, die weit über die Grenzen der Scala hinausgingen. Der Effect wäre jedoch ein weit günstigerer gewesen, wenn uns eine Inductionsspirale von passendem Widerstand zur Verfügung gestanden hätte. Für einzelne Töne lässt sich ferner durch Anwendung von Resonatoren die Empfindlichkeit offenbar noch erheblich steigern.

3) Durch eine Influenzmaschine wurde eine Leydener Flasche¹⁾ geladen, ihre Schlagweite mit Hülfe eines Funkenmikrometers abgelesen, das Dynamometer in den Schliessungsbogen eingeschaltet und der bei der Entladung sich ergebende Ausschlag gemessen. Das Dynamometer wurde dann durch ein Ries'sches Luftthermometer von nahezu dem doppelten Widerstand ersetzt und die Messung wiederholt.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die an beiden Instrumenten für dieselbe Schlagweite beobachteten Ausschläge in Millimetern.

Schlagweite in mm (angenähert)	Ausschlag beobachtet am Dynamometer			Ausschlag beobachtet am Ries'schen Luftthermometer		
	Einzelbeobachtungen		Mittel	Einzelbeobachtungen		Mittel
0,8	249	247 252 246	249	—	—	—
1,0	339	324 336 332 333	333	—	—	—
1,2	480	465 494 471 501	483	1,5 1,7 1,5 1,7 1,8	1,63	1,63
1,4	780	770 810 760 770	777	2,6 2,8 2,4 2,4 2,6	2,6	2,6

Die schlechte Beschaffenheit der Kugeln, zwischen welchen sich die Funkenstrecke befand, gestattete es leider nicht, die Schlagweite noch zu verringern; jedoch ist bereits aus

1) Die Capacität der Flasche wurde zu 0,00135 Mikrofarad bestimmt, die Oberfläche ihrer äusseren Belegung betrug 575 qcm.

den vorgelegten Beobachtungen zu ersehen, dass das Instrument zum Messen von Entladungen wohl geeignet ist und in dieser Eigenschaft das Riess'sche Luftthermometer an Empfindlichkeit weit übertrifft.

VI. Theoretisches.

Wir wollen schliesslich in aller Kürze auf die Theorie des Instrumentes eingehen und aus der Constanten des Galvanometers K_g , der Intensität des Hilfsstromes J , den Dimensionen, sowie den electrischen und thermischen Eigenschaften des angewandten Materials die zu erwartende galvanometrische Empfindlichkeit des Dynamometers zu berechnen suchen.

Sind die Widerstände der vier Zweige einer Wheatstone'schen Combination gleich $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_0$, der Widerstand des Galvanometers im Brückenzeig $= w_g$, die Intensität des Hilfsstroms $= J$, der Temperaturcoefficient des Bolometermaterials $= k$, so ist der Strom, welcher nach Abgleichen der Brücke durch Erwärmung eines Vergleichswiderstandes (w_2) um δt Celsiusgrade im Brückenzeig her- vorgebracht wird:

$$i_0 = \frac{J}{4} \cdot k \delta t \frac{w_0}{w_0 + w_g}.$$

Die Wärmemenge, welche dem Bolometerwiderstand w_2 durch den Strom i_1 pro Secunde zugeführt wird, ist:

$$W = \frac{1}{4} i_1^2 w_0^1),$$

oder im Arbeitsmaass $K_g m$:

$$W = \frac{1}{4} i_1^2 \frac{l}{Q} r \cdot \frac{0,941}{9,81} K_g m.$$

Hierin bedeutet l die Länge einer Seite des Bolometer- parallelogramms in Metern, Q ihren Querschnitt in Quadrat- millimetern, r den specifischen Widerstand des Bolometer materials bezogen auf Quecksilber, 0,941 den specifischen Widerstand des Quecksilbers, d. h. den Widerstand eines Quecksilberfadens von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt; i_1 die Intensität des zu messenden Stromes in Ampères. In K_g Cal. erhalten wir somit:

1) Der Factor $\frac{1}{4}$ kommt hinzu, weil der Bolometerwiderstand aus vier gleichen Drahtstücken besteht, deren jedes den Widerstand w_0 besitzt.

$$W = \frac{1}{4} i_1^2 \frac{l}{Q} r \frac{0,941}{9,81 \cdot 425} K_g \text{ Cal.}$$

Sehen wir von einem Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung ab, so wäre, wenn K die Wärmecapazität des erwähnten Drahtstücks bedeutet, die hierdurch pro Secunde hervorgebrachte Temperaturerhöhung:

$$\delta t = \frac{1}{K} \cdot W = \frac{1}{4} i_1^2 \frac{l}{Q} \cdot r \cdot \frac{0,941}{9,81 \cdot 425} \cdot \frac{1}{K}.$$

Andererseits aber kann der gleichzeitig durch Leitung und Strahlung erlittene Wärmeverlust gesetzt werden:

$$W_1 = 2 \varrho \pi l \delta t \cdot \text{Const.}$$

Da ϱ in Millimetern, l dagegen in Metern angegeben wird, so bedeutet $2 \varrho \pi \cdot l$ die Oberfläche des Drahtes in „10 qcm“. Die Constante (σ) ist dann diejenige Zahl, welche angibt, wieviel K_g Cal. 10 qcm der Drahtoberfläche pro Secunde durch Leitung und Strahlung mehr an die Umgebung abgeben, wenn die Differenz der Temperatur des Drahtes gegen die der Umgebung von t^0 auf $t + 1^0$ steigt. Die durch den Verlust der Wärmemenge W_1 eintretende Temperaturverminderung des Drahtes wäre:

$$\Delta t = \frac{W_1}{K} = \frac{2 \varrho \pi l \delta t \sigma}{K}.$$

Der Zustand wird stationär, d. h. die Temperatur constant, sobald:

$$\Delta t = \delta t; \text{ d. h.:}$$

$$\frac{1}{4} i_1^2 \frac{l}{Q} \cdot r \cdot \frac{0,941}{9,81 \cdot 425} = 2 \varrho \pi l \delta t \cdot \sigma.$$

Hieraus berechnet sich:

$$\delta t = \frac{1}{8 \pi^2} \frac{i_1^2}{Q^3} \frac{r}{\sigma} \cdot \frac{0,941}{9,81 \cdot 425}$$

und somit:

$$i_0 = \left\{ \frac{J}{4} \cdot k \cdot \frac{w_0}{w_0 + w_g} \cdot \frac{1}{8 \pi^2} \cdot \frac{r \cdot 0,941}{Q^3 \cdot \sigma \cdot 9,81 \cdot 425} \right\} i_1^2,$$

$$i_0 = \left\{ \frac{J \cdot k \cdot r \cdot w_0}{Q^3 \cdot \sigma (w_0 + w_g)} \cdot 7,2 \cdot 10^{-7} \right\} i_1^2.$$

Bezeichnet man die in der Klammer stehende Constante mit A , die Constante des Galvanometers mit K_g , so ist diejenige des Dynamometers:

$$K_d = \sqrt{\frac{K_g}{A}}.$$

In diesen Formeln sind die sämmtlichen Regeln enthalten, welche man befolgen muss, um dem Dynamometer eine möglichst grosse galvanometrische Empfindlichkeit zu geben. Man erkennt, dass sich dasjenige Material zur Construction des Bolometerwiderstandes am besten eignet, für welches das Product aus dem Temperaturcoëfficienten und specifischen Widerstand den grössten Werth ergibt, und dass daneben die Feinheit der Drähte die wesentlichste Rolle spielt. Durch bessere Beachtung dieser beiden Umstände, sowie durch Anwendung feinerer Galvanometer lässt sich offenbar ein noch weit höheres Maass von Empfindlichkeit erreichen, als das oben beschriebene Instrument zu liefern im Stande war.

Charlottenburg, Phys. Inst. der Techn. Hochschule,
im März 1889.

II. *Ueber die Veränderlichkeit frisch zubereiteter Flüssigkeiten; von Emanuel Pfeiffer.*

(Hierzu Taf. VI Fig. 5–6.)

In mehreren meiner früheren Arbeiten über die Electricitätsleitung in Flüssigkeiten habe ich einer Erscheinung gedacht, ohne im Stande zu sein, eine Erklärung für dieselbe anzugeben. Sie besteht darin, dass nach Einfüllung der zu untersuchenden Flüssigkeit in die mit Electroden versehenen Gefässe ihre Leitungsfähigkeit — statt in gewöhnlicher Weise infolge der Auflösung der Glassubstanz langsam zu steigen — zunächst oft beträchtlich sank und erst dann nach Erreichung eines Minimums in normaler Weise in die Höhe ging. Da weiter die Erscheinung ohne angebbaren Grund auch bei manchen Versuchen ausblieb, so war sie infolge ihrer Unbestimmtheit oft von störendem Einfluss auf meine Untersuchungen. Es ist mir nun in neuerer Zeit gelungen, die Ursache dieser Erscheinung zu erkennen, und die Bedingungen für ihr sicheres Zustandekommen anzugeben, und halte ich es deshalb für geboten, die einschlägigen Thatsachen, die theils in früheren Arbeiten zerstreut

Paalzow u. Rubens Fig. 1-4. Pfeiffer Fig. 5-6. Ritter Fig. 7-12. Gleichen Fig. 13-16. Elsas Fig. 17-21.