©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Untersuchungen über die Entladung der Elektricität aus Spitzen, in verschiedenen Gasen, bei verschiedenen Drucken

von

A. v. Obermayer,
c. M. k. Akad.

(Mit 2 Tafeln und 5 Textfiguren.)

Die disruptive Entladung der Elektricität in Form von Funken zwischen Kugeln ist insbesondere in letzter Zeit häufig Gegenstand messender Untersuchungen gewesen. Der convectiven Entladung ist dagegen weit weniger Aufmerksamkeit geschenkt worden, weil man wohl immer voraussetzte, es mit einem Vorgange zu thun zu haben, welcher sehr von der speciellen Anordnung des Apparates und der schwer controlirbaren Beschaffenheit der Spitze abhängt.

Es ist in letzterer Zeit von Jaumann[1] ein Verfahren eingeschlagen worden, um das zur Glimmlichtentladung bei gewöhnlichem Luftdruck nöthige Potentialgefälle an einer Versuchsanordnung zu messen, welche ganz bestimmte, immer wieder herstellbare Verhältnisse bietet. Es findet dabei die Entladung zwischen einem Platindrahte im Inneren einer Messingröhre gegen diese letztere hin statt.

Unter Anwendung einer Spitze lassen sich wohl am ehesten gut definirte Verhältnisse erhoffen, wenn dieselbe in ein homogenes elektrisches Feld eingeschoben wird. Die Zufälligkeiten der Versuchsanordnung werden so am besten eliminirt. Die Spitze muss zu diesem Zwecke zwischen zwei ziemlich grosse,

---

[1] Diese Berichte, Bd. XCVII, S. 765.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

parallel gestellte Metallplatten, senkrecht zur Ebene der Platten, möglichst in der Mitte eingeschoben werden.

Mit dergleichen Versuchen habe ich mich im vorigen Winter beschäftigt und damit Messungen in der Absicht verbunden, um die, in Gemeinschaft mit Herrn v. Pichler[1] ausgeführten Messungen nach einer anderen Methode zu controliren.

Zur Bestimmung des Potentialwerthes in absolutem Maasse wurde ein absolutes Elektrometer von Bichat und Blondlot benützt.

Zu den Versuchen, welche ich unter gewöhnlichem Luftdrucke ausführte, bediente ich mich zweier Platten von 50 *cm* Durchmesser, welche einander isolirt gegenüberstanden und mit den Polen der Influenzmaschine verbunden waren. Bei verschiedenen Plattendistanzen sind die Entladungspotentiale umso weniger verschieden, je näher die durch die obere Platte hindurch herabgeschobene Spitze der unteren Platte gebracht wird. So z. B. wurde für einen Spitzenabstand von 1 *cm*, in absoluten elektrostatischen Einheiten gefunden:

Abstand der Platten	16·7	8·9	4·0 *cm*
Potentialdifferenz.	31·9	33·0	34·9
	32·3	—	33·7

Diese Messungen sind mit verschiedenen Spitzen zu ganz verschiedenen Zeiten ausgeführt und uncorrigirt. Sie enthalten die Fehler der Einstellung der Spitzendistanz, zeigen aber, dass mit abnehmender Plattenentfernung das Potentialgefälle eine Zunahme erfährt.

Die Durchmesser der bei dergleichen Versuchen erzeugten Kundt'schen elektrischen Staubfiguren erreichen bei einem Abstande Spitze—Platte nahe gleich ein Drittel der Plattenentfernung einen Maximalwerth. Mit dem weiteren Wachsen dieses Abstandes nehmen die Durchmesser der Figuren wieder etwas ab.

Der in Rede stehende Maximalwerth des Durchmessers der Staubfiguren ist nahe gleich dem Abstande der beiden Platten So wurde unter Anwendung einer Doppelinfluenzmaschine gefunden:

---

[1] Diese Berichte, Bd. XCIII, S. 408 und 924.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Abstand der Platten	.16·7	8·9	7·0	6·0	5·0	4·0 *cm*
Maximaldurchmesser	.15·6	8·8	7·0	5·9	5·1	4·1

Der Einfluss der Beschaffenheit der Spitze auf das Entladungspotentiale ist ein ziemlich unbedeutender, so dass er fast innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler fällt. Auch das Materiale der Spitzen zeigt keinen sehr ausgesprochenen Einfluss. Dagegen ist das Entladungspotential vom Luftdruck abhängig, und zwar derartig, dass die Änderungen des Barometerstandes von nicht zu vernachlässigendem Einflusse sind. Leider bin ich auf diesen Umstand zu spät aufmerksam geworden. Auch die Entladungspotentiale der Funken sind wegen des Barometerstandes zu corrigiren. Es ist dies meines Wissens bisher noch nicht geschehen.

Die Stromstärke, welche bei der Entladung stattfindet, ist selbstverständlich von hohem Einflusse auf die Grösse der Entladungspotentiale und sollte, da die Influenzmaschinen trotz gleicher Rotationsgeschwindigkeit nicht immer die gleiche Elektricitätsmenge geben, mitbeobachtet werden. Ich habe dies auch zum grössten Theile gethan, es ist aber kaum möglich gewesen, die verschiedenen Beobachtungen wegen des Einflusses der Stromstärke zu corrigiren.

Die Messungen der bei der Entladung aus Spitzen vorkommenden Grössen sind also gewiss in absolutem Maasse ausführbar und ich kann bei dem heutigen Stande der Messmethoden die Ansicht Wesendonck's[1] nicht theilen, dass absolute Messungen nicht gerade so geboten seien, wie bei den Untersuchungen über Funkenentladungen.

Ich habe die Untersuchungen auch auf die convective Entladung im luftverdünnten Raume und in Wasserstoffgas und Kohlensäuregas, bei verschiedenen Drucken ausgedehnt. Auch hier ist die Spitze in das elektrische Feld zweier Metallplatten, normal zur Plattenebene eingeschoben. Ich kann diesen Versuchen nur den Charakter von einer vorläufigen Untersuchung zusprechen und habe desshalb bloss die Mittelwerthe mitgetheilt. Sie scheinen mir indessen doch den allgemeinen Verlauf der Erscheinung zu charakterisiren.

---

[1] Wiedemann's Annalen, Bd. XXXIX, S. 583.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Im luftverdünnten Raume beginnt die Entladung aus den Spitzen von einer gewissen Verdünnung an intermittirend zu werden, wie der rotirende Spiegel deutlich erkennen lässt. Während hiebei die Stromstärke keine merkliche Änderung zeigt, sinkt das Entladungspotentiale rasch ab. Das Product aus dem Gasdrucke p in die Spitzenentfernung δ zeigt, soweit die intermittirende Entladung reicht, die von Paschen für die Funkenentladung gefundene Eigenschaft, dass gleichen Werthen dieses Productes auch gleiche Potentialwerthe entsprechen. Bei der continuirlichen Entladung nimmt dieses Product mit der Spitzenentfernung zu.

Im Wasserstoffgase sind die Werthe der Entladungspotentiale nahe 2·5mal kleiner als in atmosphärischer Luft.

Bei ziemlich beträchtlichen Verdünnungen zeigt die Entladung aus der Spitze gegen die Platte ganz auffällig Schichtungserscheinungen, die durch Einschalten grosser Capacitäten einen sehr ausgesprochenen Charakter erhalten. Besonders merkwürdig scheint mir hiebei eine im Wasserstoffgase und im Leuchtgase herzustellende Entladung, welche sich am zweckmässigsten durch die Bezeichnung eines geschichteten Funkens charakterisiren lässt. Das Einschalten einer Ruhmkorff'schen Spirale hat die Entstehung eines dunklen Raumes zwischen der negativen Elektrode und der Funkenbahn zur Folge. Die bei grossen Verdünnungen parallel zu den Platten verlaufende Schichtung, zieht sich bei geringer Verdünnung auf die oberwähnte schmale, deutlich geschichtete Funkenbahn zusammen.

Das absolute Elektrometer von Bichat und Blondlot.

Das Schutzringelektrometer von Thomson ist wegen der nothwendigen Einstellungen der beweglichen Platte in die Ebene des Schutzringes zu continuirlichen Ablesungen oder zu Wägungen nach der Schwingungsmethode nicht geeignet. Die Herren Bichat und Blondlot haben diesem Übelstande dadurch abzuhelfen gesucht, dass sie die Anziehung zweier concentrischer Cylinder zur Messung der Potentialdifferenz verwenden.[1]

---

[1] Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 29 Mars 1886; Journal de Physique, IIe Sér., T. V, p. 325 und 457.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ich habe nach der zum Theil schematischen Figur, welche in dem Journal de Physique veröffentlicht wurde, durch den Mechaniker F. W. Heidl der Technischen Militärakademie ein solches Instrument ausführen lassen.

Der im rechten Theile zweifach gebogene Wagebalken *W*, Fig. 1, ist aus Messingblech gefertigt und hohl. Der Querschnitt ist quadratisch; die Diagonale des Quadrates steht vertical. Ein rhombischer Querschnitt, mit der längeren Diagonale vertical, würde steifer ausgefallen sein. Überhaupt ist der Wagebalken der angestrebten Leichtigkeit zu Liebe, etwas zu schwach dimensionirt worden.

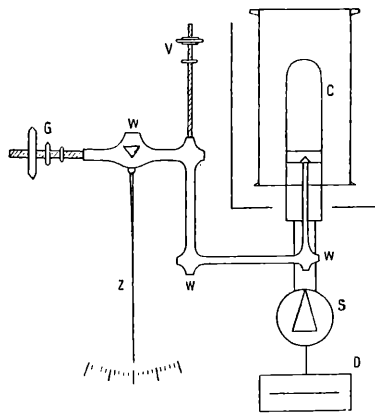


Fig. 1.

Der Wagebalken trägt rechterseits auf einer vertical stehenden Röhre die Schneide, auf welcher der bewegliche Cylinder C_1 im Durchmesser von 5·42 *cm*, mittelst eines innerhalb angebrachten harten Stahllagers von einem scharf in den Cylinder passenden Ringe getragen, aufgelegt ist. An den beweglichen Cylinder ist mittelst eines Bügels die bewegliche Wagschale *S* und ein aus zwei Papierscheiben bestehender Dämpfer *D* angehangen.

Am linken Arme des Wagebalkens lassen sich auf einem starken, mit Schraubengewinden versehenen Drahte Gewichte *G* verschrauben, welche gestatten, die Gleichgewichtslage einzustellen. Diese letztere wird mittelst eines langen, vertical herabreichenden Zeigers *Z* an einer Scala abgelesen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Auflagedrehschneide des Wagebalkens und die Schneide, welche den beweglichen Cylinder trägt, liegen in einer horizontalen Ebene und sind einander parallel gestellt.

Auf einem, vom verticalen Arme des Wagebalkens nach aufwärts reichenden Drahte V lassen sich Gewichte zur Regulirung der Empfindlichkeit verschieben. Einem Übergewichte von 1 *cg* entsprachen während der Versuche über die convective Entladung zwei Theilstriche Ausschlag. Bei der Anwendung der Potentialwage zur Vergleichung von Capacitäten, war das Gewicht höher hinaufgeschraubt. Ein Theilstrich Ausschlag entsprach dann 2 *mg*.

Der Wagebalken war mit einer Arretirung versehen, welche sich für die Bequemlichkeit der Handhabung unumgänglich nothwendig erwies.

Concentrisch zum beweglichen Cylinder ist ein Messingblechcylinder von 15 *cm* innerem Durchmesser F auf drei Glasfüssen isolirt aufgestellt. Das obere Ende des Cylinders ist hiezu von einem Ringe mit drei horizontalen Lappen umgeben, die sich auf die Glasfüsse aufsetzen lassen. An einem der Lappen ist auch die Klemme zur Verbindung mit der Elektricitätsquelle.

Die Glasfüsse sind mit einer horizontalen Messingplatte P verbunden, durch deren kreisförmigen Ausschnitt der bewegliche Cylinder concentrisch hindurchragt. Die Messingplatte selbst wird von vier Messingröhren getragen, welche an der Grundplatte der Wage befestigt sind. Zwei dieser Messingröhren sind nach aufwärts verlängert und tragen ein verticales Blech, welches die Einwirkung der Elektricität des Cylinders auf den Wagebalken verhindert. Alle Metallbestandtheile der Wage sind mit Ausnahme des grossen Cylinders leitend mit einander verbunden und zur Erde abgeleitet.

Die Theorie des Instrumentes ist eine sehr einfache. Der Vollständigkeit halber setze ich dieselbe hieher. Die Arbeit der Anziehung P zwischen den beiden Cylindern ist bei einer kleinen Verschiebung dz gleich dem Energiezuwachse des Apparates, d. i. dem halben Producte aus der Vergrösserung der Ladung und dem Potentiale V in absoluten elektrostatischen Einheiten.

Es ist:

$$Pdz = \frac{1}{2} \quad V . \frac{\frac{1}{2} dz}{\log n . \frac{R}{r}} \quad V$$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Hieraus folgt:

$$V^2 = 4P \log n . \frac{R}{r} = p . 4g \log n . \frac{R}{r} .$$

Das Verhältniss der Halbmesser R/r der beiden Cylinder ist ähnlich wie bei dem Apparate von Bichat und Blondlot gleich 2·7675 gewählt. Dadurch wird:

$$V^2 = 4000\, p,$$

worin p in Grammen einzusetzen ist.

Die Wägungen wurden stets nach der Schwingungsmethode vorgenommen.

Der Apparat, in den vorbeschriebenen Dimensionen ausgeführt, gestattet Potentialdifferenzen zwischen 4 und 140 absoluten elektrostatischen Einheiten (d. i. 1200—52.000 Volt) zu messen. Die kleinen Potentialdifferenzen werden bereits erheblich unsicher. Der Fehler in Procenten des Potentiales ist gleich dem halben Fehler in Procenten der aufgelegten Gewichte. Bei 1 *g* Belastung macht ein Ablesungsfehler von einem Theilstriche (0·005 *g* entsprechend) 0·25% des gefundenen Potentialwerthes aus.

Die Prüfung des absoluten Elektrometers von Bichat und Blondlot durch Messung des Funkenpotentiales.

Zur Prüfung des Instrumentes habe ich nach dem Vorgange von Bichat und Blondlot das Funkenpotentiale zwischen Kugeln von 1 *cm* Durchmesser, bei verschiedenen Schlagweiten bestimmt.

Als Funkenmikrometer wurde ein solches von Riess verwendet, in dessen drehbaren Kugeln, wie in Fig. 2 angedeutet, Drähte eingesetzt waren, welche die Kugeln von 1 *cm* Durchmesser tragen. Da bei dieser Anordnung das Funkenpotentiale von 0·6 *cm* Schlagweite an rascher steigt als bei anderen Beobachtern, wurde das Funkenmikrometer auf eine der

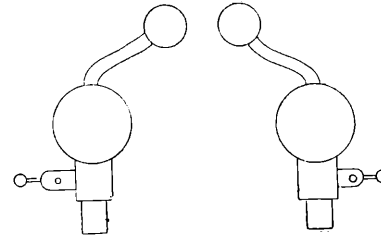


Fig. 2.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Form Fig. 3 ähnliche umgearbeitet. Die in der letzteren Figur dargestellte Anordnung, bei welcher die Glasstangen in die

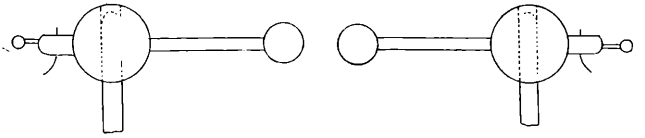


Fig. 3.

Kugeln eingeschoben und eingekittet und aussen gar keine Fassungen angewendet sind, dürfte sich am besten empfehlen.

In der nachfolgenden Tabelle führe ich die Funkenpotentiale an, wie sie von verschiedenen Beobachtern nach verschiedenen Methoden für die verschiedenen Schlagweiten δ in Centimetern gefunden wurden.[1]

	Bichat u. Blondlot	Baille	Czermak	Paschen	Freiberg	Obermayer I.	Obermayer II.
0·1	16·1	15·25	15·80	16·36	15·5	16·03	—
0·2	27 5	26·28	27·27	28·12	31·7	28·08	—
0·3	36·2	37·32	37·76	38·94	38·9	37·77	—
0·4	47·7	47·62	47·77	49·45	46·6	47·80	—
0·5	56·3	54·66	—	59·21	56·0	56·70	56·13
0·6	64·9	65·23	—	68·28	64·2	65·38	—
0·7	71·6	72·28	—	75·36	69·9	73·79	—
0·8	77·0	77·61	—	82·61	77·4	81·12	79·87
0·9	81·6	80·13	—	—	83·7	87·51	84·63
1·0	84·7	83·05	—	—	85·9	93·18	88·57
1·1	88·7	—	—	—	88·2	—	92·25

Die von mir unter I und II aufgeführten Zahlen sind mit den Mikrometeranordnungen in Fig. 2 und Fig. 3 bestimmt worden.

---

[1] Bichat und Blondlot, Journal de Physique, IIe S., T. 5, p. 462.
Baille, Ann. de Chimie et Physique, S. 5, T. 29, p. 181, 1883.
Czermak, Diese Berichte, Bd. XCVII, S. 545, 1883.
Paschen, Wiedemann's Ann., Bd. 37, S. 79. Über die zum Funkenübergange in Luft, Wasserstoff und Kohlensäure nöthige Potentialdifferenz. Es wird ein Riess'sches Funkenmikrometer verwendet, in dessen Kugeln unter 45° Drähte eingesetzt sind, an welche die Kugeln von verschiedenem Halbmesser angesteckt werden können.
Freiberg, Wiedemann's Ann., Bd. 38, S. 231.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Der Einfluss der Zuleitungsdrähte ist auch von Paschen untersucht worden. Für Funkenstrecken grösser als 0·05 *cm* werden bei Kugeln von 0·25 *cm* Halbmesser, bei dickeren, unter 45° gegen die Verticale geneigten Zuleitungsdrähten grössere Potentialwerthe, bei dünneren Zuleitungsdrähten kleinere Potentialwerthe gefunden. Es geht hieraus nur erneuert die Nothwendigkeit hervor, die Mikrometerkugeln so anzuordnen, dass sie die Zuleitungsdrähte verdecken, und dass etwaige Fassungen der isolirenden Glasfüsse ohne Einfluss bleiben.

Zu den Versuchen über das Funkenpotential habe ich eine kleine Winter'sche Elektrisirmaschine, in Verbindung mit vier als Cascade geschalteten Leydenerflaschen von 7·5 *cm* Durchmesser und 19·5 *cm* Höhe der Belegung benützt. Das nöthige Gewicht wurde jederzeit vorläufig bestimmt und aufgelegt. Durch anfänglich rascheres und später langsameres Drehen wird der Wagebalken abgehoben und sehr vorsichtig bis zum Überspringen des Funkens an der Elektrisirmaschine gedreht.

Die von mir angegebenen Zahlen sind sämmtlich Mittelwerthe aus fünf bis sechs Versuchen.

Ich habe bei dieser Gelegenheit noch versucht, einen Einfluss des Materiales der Kugeln auf das Entladungspotentiale aufzufinden und hiezu eine grosse Zahl von Versuchen an verschiedenen Tagen, mit Eisen- und Zinkkugeln von 1 *cm* Durchmesser bei 1 *cm* Schlagweite ausgeführt. Auch hier ist jede Zahl das Mittel aus fünf bis sechs Versuchen.

	Eisenkugel	Zinkkugel
	91·66	90·82
	90·66	90·80
	90·60	89·86
	91·35	90·25
	91·30	91·05
	90·55	92·52
	91·50	91·50
	93·16	93·40
	93·28	93·65
	93·07	—
Mittel....	91·70	91·54

Ein nennenswerther Einfluss des Materiales der Kugeln auf das Entladungspotentiale ist nach diesen Zahlen nicht zu erwarten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die grosse Verschiedenheit der einzelnen Zahlen für dieselbe Kugelgattung, an verschiedenen Beobachtungstagen, dürfte zum grössten Theile aus der Verschiedenheit des Barometerstandes zu erklären sein. Ich habe denselben leider nicht beobachtet, da ich den Einfluss desselben unterschätzte und auch gewöhnlich keine Angaben gemacht werden, welche auf eine Correction wegen des Barometerstandes hinweisen. Leider fehlen gerade für atmosphärische Luft, bei Kugeln von 1 *cm* Durchmesser und einer Schlagweite von 1 *cm*, die Angaben in den Versuchen von Paschen. Es dürfte aber nicht weit gefehlt sein, vorauszusetzen, dass die Zunahme des Barometerstandes um 1 *cm*, das Entladungspotentiale um fast $1 \cdot 4\%$ seines Werthes erhöhe. Ein im Winter nicht ausgeschlossener Unterschied in den Barometerablesungen von 3 *cm* kann eine Veränderung des Potentialwerthes um $4 \cdot 2\%$ herbeiführen, d. i. im vorliegenden Falle nahe an vier Einheiten des Potentialwerthes.

Für alle Versuche über das Entladungspotentiale im luftfüllten Raume ist die Angabe des Barometerstandes erforderlich, um alle Angaben auf etwa 76 *cm* Barometerstand reduciren zu können.

Vergleichung der Capacitäten von Leydenerflaschen mittelst des Elektrometers von Bichat und Blondlot.

In Ermangelung eines anderen, leicht zu handhabenden, empfindlichen Elektrometers habe ich jenes von Bichat und Blondlot zur Vergleichung und absoluten Messung der Capacitäten von Leydenerflaschen verwendet, welche bei den von mir bisher beschriebenen Versuchen in Anwendung standen.[1]

Es wurden hiezu die Kugeln eines Funkenmessers durch Spitze und Hohlkugel ersetzt, zwischen diesen die Entladung einer Influenzmaschine übergehen gelassen und die so hergestellte Potentialdifferenz zum Laden der Apparate benützt.

Die Potentialwage wurde durch passendes Verschrauben des Gewichtes auf eine Empfindlichkeit von 1 Theilstrich gleich 2 *mg* eingestellt und die Entfernung zwischen Spitze und Hohlkugel so regulirt, dass etwa $0 \cdot 07\,g$ erforderlich waren, um die Potential-

[1] Diese Berichte Bd. XIII, S. 408 und S. 925; Bd. XCVII, S. 247 Bd. XCVIII, S. 419 und Bd. XCIX, S. 269.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wage ins Gleichgewicht zu bringen. Es entspricht diese Belastung einer Potentialdifferenz von 17 absoluten, elektrostatischen Einheiten oder 5100 Volt.

Zur Gewinnung eines absoluten Maasses hatte ich vor vielen Jahren zwei kugelförmige Leydenerflaschen anfertigen lassen. Dieselben wurden jetzt in Gebrauch gestellt, um die Capacität in absolutem Maasse zu erhalten. Der Halbmesser der inneren Kugel betrug 6 *cm*, der innere Halbmesser der äusseren Kugel 7·1 *cm*. Durch drei kleine Hartgummicylinder von 1 *cm* Durchmesser waren die beiden Kugeln auseinander gehalten. Der Stiel der inneren Kugel ragt durch eine kreisförmige Öffnung von 2 *cm* Durchmesser aus der äusseren Öffnung heraus. Die Capacität rechnet sich nach der Formel:

$$C = \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} = 38 \cdot 73 \; cm.$$

Nach den erforderlichen Correctionen ändert sich dieser Werth in 38·84 *cm* um.

Die Messungen wurden nach der Methode von Faraday ausgeführt. Der eine Condensator C_1 wird mit dem Elektrometer verbunden, geladen und das Potential V_1 gemessen. Sodann wird zweite Condensator C_2 zugeschaltet; ein Theil der Ladung übergeht auf denselben, das Potential sinkt auf V_2. Wenn die Capacität C_0 der Potentialwage bekannt ist, so ist es zweckmässig, noch einen Versuch auszuführen, während dessen zuerst $C_2 + C_0$ geladen, V_1' gemessen, dann C_1 zugeschaltet und V_2' gemessen werden. Es können dann die Verhältnisse C_1/C_0 und C_2/C_0 gerechnet werden. Man hat nach einigen einfachen Rechnungen:

$$\frac{C_2}{C_1 + C_0} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} = n_1 \qquad \frac{C_1}{C_2 + C_0} = \frac{V_1' - V_2'}{V_2'} = n_2$$

und damit:

$$C_1 = \frac{n_2 (n_1 + 1)}{1 - n_1 n_2} C_0 \qquad C_2 = \frac{n_1 (n_2 + 1)}{1 - n_1 n_2} C_0 .$$

Für nahe gleiche Werthe von C_1 und C_2 werden die Werthe von n in Folge der Differenz $V_1 - V_2$ zu sehr von den Beobachtungsfehlern beeinflusst. Dieses Verfahren empfiehlt sich daher nur dann, wenn C_2 ein nicht zu grosses Vielfaches von C_1 ist.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es sind nach dieser Methode verglichen worden die beiden nebeneinander geschalteten Normalcapacitäten $2\,C_n$ mit der Capacität $C_1/4$ einer Cascadenbatterie von vier Flaschen von 7·5 *cm* Durchmesser und 19·5 *cm* Höhe der Belegung, und eine dieser Flaschen C_1, mit einer zweiten C_2 von 13 *cm* Durchmesser und 34 *cm* Höhe der Belegung.

Es wurde so gefunden:

$$\frac{C_1}{4} = 5\cdot074\ C_0 \qquad 2\,C_n = 2\cdot005\ C_0$$

$$C_1 = 16\cdot01\ C_0 \qquad C_2 = 41\cdot54\ C_0.$$

Wie man sieht, sind die Werthe von C_1 ziemlich different. Die Capacität C_0 der Potentialwage wurde direct zu bestimmen gesucht. Die Ausschläge müssen dabei natürlich sehr nahe bei der Gleichgewichtslage gehalten werden. Aus einer grösseren Zahl von Messungen, in denen die Capacitäten C_n verschieden combinirt wurden, ergab sich $C_0 = 1\cdot068\ C_n$. Aus den vorangeführten Resultaten folgt $C_0 = 0\cdot998\ C_n$. Es wurde der Mittelwerth für C_0 angenommen. Es ist sonach:

$$C_0 = 1\cdot033\ C_n = 40\cdot12\ cm.$$

Die Capacität der Leydenerflasche von 7·5 *cm* Durchmesser und 19·5 *cm* Belegungshöhe ist:

$$C_1 = 18\cdot235\ C_n = 703\cdot22\ cm.$$

Die Capacität der Leydenerflasche von 13 *cm* Durchmesser und 34 *cm* Belegungshöhe ist

$$C_2 = 42\cdot91\ C_n = 1666\cdot67\ cm.$$

Die Capacitäten der gewöhnlich[1] zur Influenzmaschine zugeschalteten Cascadenbatterien von vier oder acht Flaschen sind daher:

$$\frac{C_1}{4} = 177\ cm \qquad \frac{C_1}{8} = 89\ cm.$$

---

[1] Diese Berichte, Bd. XCIII, S. 925; Bd. XCVII, S. 249; Bd. XCIX, S. 270.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Capacität einer Batterie[1] von sechs Flaschen der Capacität C_2 ist zufällig nahe

$$C = 10.000\ cm,$$

d. i. gleich der Capacität einer Kugel von 100 *m* Halbmesser.

Vergleich der Entladungspotentiale aus Spitzen, bei gewöhnlichem Luftdrucke nach verschiedenen Methoden gemessen.

Derartige Bestimmungen hatte ich nach der Schwingungsmethode, in Gemeinschaft mit Herrn v. Pichler[2] in der Weise, wie es von Mascart[3] angedeutet wurde, an einer Platte[4] von 50 *cm* Durchmesser, welcher eine Spitze frei gegenüber stand, ausgeführt.

An dem schwingenden Apparate hatte ich bei einer späteren Gelegenheit[5] eine grössere Kugel angebracht und damit wesentlich kleinere Werthe erhalten. Endlich hatte ich zur selben Zeit Versuche über die Anziehung von Kugeln innerhalb eines Drahtnetzes zur Messung der fraglichen Potentialdifferenz angestellt und damit noch kleinere Werthe gefunden.

Zu den Anziehungsversuchen der Kugeln diente eine Messingkugel von 32 *cm* Durchmesser, welche auf zwei verschieden langen Glasfüssen im Inneren eines Drahtnetzes, isolirt aufgestellt und durch einen Zuleitungsdrahte vom Netze isolirt mit der Elektricitätsquelle verbunden werden konnte, und eine zweite, an einer Wage leitend aufgehangene Messingkugel von 12 *cm* Durchmesser. Diese letztere Kugel, die Wage und das Drahtnetz wurden zur Erde abgeleitet. Der Aufhängedraht läuft von der Wage durch den Deckel des cylindrischen Drahtnetzes hindurch.

Zur Berechnung der Versuche wurde vorausgesetzt, dass der Halbmesser der kleinen Kugel gegen den Abstand der Mittelpunkte beider Kugeln vernachlässigt werden könne und die auch in der Elektricitätslehre von Riess angeführte Formel angewendet:

---

[1] Diese Berichte, Bd. XCVIII, S. 422.
Ebenda, Bd. XCIII, S. 92, 1886.
[3] Traité d'Electricité statique, I, p. 52; II, p. 92.
[4] Diese Berichte, Bd. XCIX, S. 272.
[5] Ebenda, Bd. XCVII, S. 256.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$$V = \frac{1 - \frac{a^2}{c^2} - \frac{ab}{c^2}}{\frac{a}{c}\sqrt{\frac{b}{c}\left(\left(1 - \frac{a^2}{c^2}\right)^2 + \frac{a^3}{c^3}\frac{b}{c}\right)}}\sqrt{P.g},$$

worin $a = 16\ cm$ der Halbmesser der festen, $b = 6\ cm$ der Halbmesser der beweglichen Kugel, c der Abstand der Mittelpunkte, P das auf die Wage gelegte Gewicht, in Grammen V die Potentialdifferenz in A. E.E. ist.

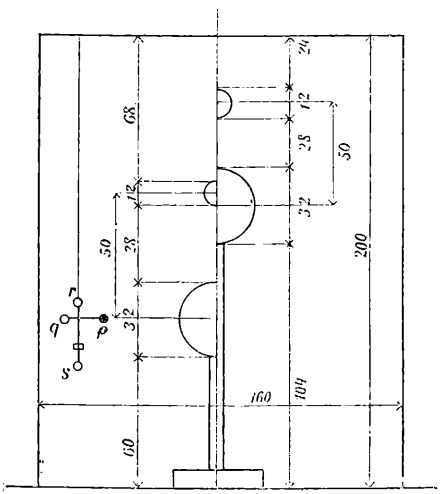


Fig. 4.
Niedere Aufstellung.

Die Fig. 4 zeigt die Aufstellung der Kugeln sammt den Dimensionen. In Fig. 4 ist auch der Schwingungsapparat eingezeichnet. Derselbe besteht aus dem Messingdrahte qp, welcher bei p die leicht vergoldete Kugel (Hollundermark oder Kork), bei q eine die ersteren abbalancirende Messingkugel trägt. Senkrecht zu pq ist ein Messingdraht rs angelöthet, welcher den Spiegel s und eine Hülse zur Befestigung eines Belastungsstabes trägt. Der Apparat ist an einem dünnen Messingdrahte aufgehangen. Für die verschiedenen Entfernungen Spitze—Platte wurden unter Anwendung einer einzigen Influenzmaschine folgende Werthe des Potentiales in A. E. E. gefunden.

Niedere Aufstellung	5	10	15	20	25	30
$c = 39\cdot4\ cm$	96	132	165	191	—	235
$c = 50\cdot0$	81	117	141	168	187	206
$c = 50\cdot0$	81	114	144	162	179	—
Hohe Aufstellung						
$c = 40\cdot0$	90	127	153	183	200	—
$c = 50\cdot0$	81	110	135	151	176	—
Schwingungsversuche						
$c = 53\cdot7,\ 2b = 3\cdot98$	99	143	175	215	228	245
$c = 54\cdot0,\ 2b = 1\cdot15$	120	171	211	250	274	288

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die gefundenen Potentialwerthe sind bei der hohen Aufstellung und der grösseren Entfernung am kleinsten. Die bewegliche Kugel ist dem Deckel des Drahtgehäuses näher als bei der niederen Aufstellung; es findet offenbar eine beträchtlichere Ablenkung der Kraftlinien statt. Die Schwingungsversuche geben sehr grosse Werthe.

Ein directer Vergleich mit den durch das absolute Elektrometer von Bichat und Blondlot ausgeführten Versuche ist mit den oben angeführten Zahlen nicht ausführbar. Dagegen lassen sich die Angaben derselben für 2 und 5 *cm* Spitze—Platte und zwei Maschinen mit den Werthen, welche früher nach der Schwingungsmethode gefunden wurden, vergleichen.

Es ist für die Entfernung 2 *cm* Spitze—Platte die Spitze der Platte frei gegenüberstehend:

	Elektrometer B. B.	Schwingungsversuch
	69·22	$D = 51·3$
	70·00	$d = 1·15$ *cm*
	69·40	
	68·25	
Mittel...	69·2	83·0

Für die Entfernung Spitze—Platte gleich 5 *cm*:

	119·1	144
	122·2	135
	119·9	
	118·1	
Mittel...	119·9	140

Die nach der Schwingungsmethode gefundenen Potentialwerthe sind erheblich grösser, als die mit dem Elektrometer von Bichat und Blondlot bestimmten Werthe.

Es ist gar nicht ausgeschlossen, dass die Abbildung des Drahtnetzes auf der Kugel ein Zusammendrängen der Kraftlinien in der Nähe des horizontalen Kreises bedingt, und dass dadurch die Wirkung auf die schwingende Kugel vergrössert wird, während nach dem verticalen Durchmesser hin die Wirkung abnimmt.

---

[1] Diese Berichte, Bd. XCIII, S. 936.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die eben beschriebenen Versuche scheinen mir aus dem Grunde erwähnenswerth, weil sie, wenn auch nicht ganz einwurfsfrei, doch zeigen, welche Vorsicht bei der Anwendung von Metallschirmen nöthig sei, worauf übrigens Dr. Adler[1] bei seinen theoretischen Untersuchungen hingewiesen hat.

Die Resultate der Schwingungsmethode werden übrigens noch durch andere Fehlerquellen beeinflusst, so namentlich durch eine Änderung der Schwingungsdauer zu Folge der Dämpfung.

Bestimmung der Potentialdifferenz zur Entladung der Elektricität aus einer Spitze gegen eine Platte, mit dem absoluten Elektrometer von Bichat und Blondlot, bei gewöhnlichem Luftdrucke.

Versuchsanordnung.

Zu den folgenden Versuchen werden stets die beiden Doppelinfluenzmaschinen verwendet, welche im Laufe dieser Untersuchungen öfter erwähnt worden sind, wovon mir die eine Herr Regierungsrath L. Ditscheiner freundlichst überlassen hat. Die beiden Maschinen sind aneinandergekuppelt und werden von der Transmission der Gasmaschine angetrieben. Der Gang der letzteren ist bei so geringen Belastungen ein so regelmässiger, wie er durch Drehen mit der Hand kaum erreicht werden kann.

Zum Antrieb sind durchwegs Darmseiten verwendet; sie lassen nicht so leicht locker.

Zwischen die Pole der Maschine ist die schon früher erwähnte Cascadenbatterie von vier Flaschen geschaltet. Von den Endkugeln dieser Batterie führen Drähte zu einem Stromwechsler und von diesem zu den Apparaten, d. i. ein Draht zur Spitze und zum festen Cylinder des Elektrometers und ein Draht zur Platte und zur Erdleitung.

Der Stromwechsler besteht aus vier, mit Siegellack überzogenen Glasfüssen, welche in eine Holzscheibe gekittet und am oberen Ende mit röhrenförmigen, oben offenen Messingfassungen versehen sind; dann aus zwei Stäben mit Kugeln an den Enden, welche von einem Hartgummistück gehalten werden und sich

---

[1] Über die Veränderung elektrostatischer Kraftwirkung durch eine leitende Wand. Diese Berichte, Bd. XCIX, S. 61.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mit den ziemlich grossen Kugeln in die Messingröhren hineinlegen. Das Hartgummistück ist durchbohrt, um eine Säule drehbar und wird durch eine Spiralfeder abwärts gedrückt.

Die Spitze steht der Platte frei gegenüber.

Die Spitze des Apparates,[1] aus einer feinen Nadel in Messingfassung gebildet, wird mit dem festen Cylinder des Elektrometers, die 50 *cm* im Durchmesser haltende Platte mit den übrigen zur Erde abgeleiteten Theilen desselben verbunden. Die Platte steht horizontal, der Spitzenträger vertical. Zur Einstellung der richtigen Spitzenentfernung dient eine getheilte Schiene auf Stativ, auf welcher eine Hülse mit Querarm verschoben mittelst Nonius eingestellt und mittelst Schraube geklemmt werden kann.

Von den angewendeten Spitzen wurde mittelst eines Objectivmikrometers und eines Mikroskopes der Durchmesser der Endkrümmung gemessen. Die Spitzen werden während der Versuche corrodirt und zeigen sich merklich angelaufen, nachdem sie eine Weile in Verwendung gestanden sind.

Die Spitze ist in den folgenden Versuchen mit dem negativen Pol der Influenzmaschine verbunden.

Spitze II 0·024 *mm* vor, 0·04 *mm* nach den Versuchen.

Spitze—Platte in Centimeter	Potentialdifferenz I.	II.	Mittel	
1	37·03	42·15	39·59	A. E. E.
2	69·22	68·56	68·89	
3	89·44	87·40	88·42	
4	105·97	105·17	105·57	
5	119·09	118·04	118·57	
6	135·80	—	130·80	

Spitze III stumpf; 0·15—0·20 *mm* Durchmesser des Endes.

	I.	II.	Mittel	
1	42·84	42·24	42·54	A. E. E.
2	70·00	69·34	69·67	
3	91·05	89·70	90·38	
4	107·04	107·43	107·24	
5	122·34	122·08	122·21	
6	135·78	—	135·78	

[1] Diese Berichte, Bd. XCIX, S. 272.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Spitze III geschliffen; 0·04 *mm*.

	I.	II.	Mittel
1	42·15	42·10	42·13
2	69·43	69·22	69·33
3	89·66	89·86	89·76
4	106·14	105·82	105·98
5	119·94	118·48	119·16
6	134·23	—	134·21

Der Einfluss der Spitzenkrümmung erweist sich als ein wenig beträchtlicher.

Mit einer Zinkspitze wurden auch Versuche angestellt. Dieselbe bildete einen an der Basis stärkeren Conus als die angewendeten Nadeln, war dagegen sehr spitzig geschliffen. Sie hatte vor dem Versuche 0·04 *mm*, nach dem Versuche 0·08 *mm* Durchmesser am Ende. Sie wurde nach $1^3/_4$ Stunden Gebrauch merklich corrodirt.

	I.	II.	Mittel
1	39·34	41·24	40·29
2	68·27	66·78	67·83
3	88·83	87·10	87·97
4	104·62	103·56	104·09
5	118·11	{117·97 / 118·31}	118·13
6	131·17	—	131·17

Die Werthe der Potentialdifferenzen sind wenig kleiner als jene bei Stahlnadeln.

Wenngleich die Zinkspitze und die Stahlnadeln nicht genau die gleiche Gestalt haben, so ist doch der Schluss, dass die Beschaffenheit des Materiales kaum merklich zur Grösse des Entladungspotentiales beiträgt, einigermassen gerechtfertigt.

Die Spitze befindet sich zwischen zwei einander gegenüberliegenden Platten.

Der Kupferplatte des mehrerwähnten Apparates zur Entladung der Elektricität aus Spitzen wird eine kreisförmige Zinkplatte von 50 *cm* Durchmesser möglichst parallel und concentrisch gegenübergestellt. Die Zinkplatte ist in ihrem Mittelpunkte durchbohrt und mit einem angelötheten Rohre versehen, in welchem sich der dünne Messingstab verschieben lässt, welcher die Spitze

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

trägt. Zur Einstellung der Spitzenentfernung an der unteren Platte ist mit dem Messingstabe ein Index verbunden, welcher auf die früher erwähnte getheilte Schiene mit Stativ eingestellt werden kann.

Nebst der Bestimmung des Entladungspotentiales wurden hier auch die Durchmesser der Kundt'schen Staubfiguren mittelst eines Stangenzirkels mit langen Spitzen gemessen. Dieselben entstehen zwischen den Platten in grosser Schärfe. Bei der Entladung aus einer Spitze, welche der Platte frei gegenübersteht, scheint die Beschaffenheit der Spitze auf die Grösse der Durchmessers der Staubfigur einen beträchtlicheren Einfluss zu haben, als bei den in Rede stehenden Versuchen.

Die Spitze ist bei den folgenden Versuchen mit dem negativen Pole der Influenzmaschine verbunden.

Abstand der Platten von einander 16·7 *cm*. Eine Influenzmaschine.

Abstand Spitze—Platte	Potentialdifferenz I.	Potentialdifferenz II.		Durchmesser der Kundt'schen Figur
1·0 *cm*	31·94	32·25	A. E. E.	5·7 *cm*
2·0	52·60	52·50		9·0
3·0	68·90	68·82		11·6
4·0	84·12	84·14		13·0
5·0	97·68	98·57		14·3
6·0	—	112·80		15·2
7·0	—	126·73		15·6
8·0	—	142·05		15·6

Abstand der Platten von einander 8·85 *cm*. Eine Influenzmaschine.

0·5 *cm*	19·63		A. E. E.	2·7 *cm*
1·0	32 98			4·6
1·5	44·68			5·9
2·0	54·33			6·7
2·5	64·85			7·5
3·0	74·70			8·1
3·5	84·54			8·5
4·0	95·65			8·7
4 5	106·32			8·8
5·0	118·98			8·6

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Abstand der Platten von einander 8·85 *cm*. Zwei Influenzmaschinen.

Abstand Spitze—Platte	Potentialdifferenz	Durchmesser der Kundt'schen Figur	
0·5 *cm*	25·28 A. E. E.	2·9 *cm*	—
1·0	42·05	5·0	6·5 *cm*
1·5	58·41	5·9	—
2·0	70·89	7·2	11·1
2·5	84·39	7·8	—
3·0	96·22	8·2	15·0
3·5	108·70	8·4	—
4·0	121·90	9·0	19·0
4·5	135·73	—	—
5·0	—	—	22·1

Abstand der Platten von einander 4·0 *cm*; durch zwischengelegte Siegellackstücke eingestellt. Eine Influenzmaschine.

Abstand Spitze—Platte	Potentialdifferenz I.	Potentialdifferenz II.	Durchmesser der Kundt'schen Figur
0·5 *cm*	20·15	20·78	2·6 *cm*
1·0	34·91	33·71	3·5
1·5	47·60	47·92	4·1
2·0	62·07	62·47	4·2
2·5	73·67	80·72	4·2

Die zweite Columne unter Durchmesser der Kundt'schen Figur bezieht sich auf die Durchmesser von Staubfiguren, welche bei der Platte frei gegenüberstehender Spitze, bei der bezüglichen Entfernung Spitze—Platte erhalten wurde.

In dem elektrischen Felde zwischen den Platten nähert sich der Durchmesser der Staubfigur einem Maximum, welches nahe erreicht wird, wenn die Spitze um etwas mehr als ein Drittel der Plattenentfernung von der unteren Platte absteht.

Dieses Maximum des Durchmessers der Staubfigur ist, wie aus den angeführten Zahlen zu ersehen ist, nahe gleich dem Abstande der beiden Platten, zwischen denen die Entladung aus der Spitze vor sich geht.

Dies findet auch durch die folgenden mit einer Influenzmaschine ausgeführten Versuche seine Bestätigung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Spitze—Platte	Abstand der beiden Platten von einander: 7 *cm*	6 *cm*	5 *cm*	4 *cm*
	Durchmesser der Kundt'schen Figuren			
1·0 *cm*	49 *cm*	40 *cm*	39 *cm*	34 *cm*
1·5	54	50	47	39
2·0	61	53	48	41
2·5	66	56	51	40
3·0	68	57	48	36
3·5	68	59	48	—
4·0	70	55	—	—

Die Durchmesser der Figuren nehmen nach dem Überschreiten des Maximums nur um wenig ab.

Einfluss des Zeichens der Elektricität auf die Grösse des Entladungspotentiales.

Das Zeichen der Ladung der Spitze wird mittelst des früher beschriebenen Stromwechslers bald positiv, bald negativ gewählt. Es kann nur eine Influenzmaschine verwendet werden, weil bei positiver Ladung der Spitze der Strom zweier Influenzmaschinen zur Funkenentladung führt. Die angeführten Zahlen sind Mittelwerthe aus zwei bis vier Versuchen, welche sich unter einander in ziemlicher Übereinstimmung befinden. Wegen der Abnützung der Spitze vergrössert das Schlagen von Funken das Entadungspotentiale dauernd.

Abstand der Platten von einander 8·8 *cm*. Eine Influenzmaschine.

Abstand Spitze—Platte	Entladungspotentiale —	Entladungspotentiale +	Differenz in Proc., positiv weniger negativ
1·0	33·51	36·80	+8·94
1·5	43·54	44·39	+1·91
2·0	53·88	55·02	+2·07
2·5	63·02	63·83	+1·27
3·0	72·16	73·40	+1·83
3·5	81·49	81·42	—0·09
4·0	90·70	90·66	—0·04

Für die kleineren Distanzen ergibt sich ein fast 2% betragender grösserer Werth des Entladungspotentiales bei positiver

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Spitze; bei den grösseren Distanzen hört dieser Unterschied auf. Die positive Entladung ist überhaupt unregelmässiger, mit einem Geräusche verbunden und wahrscheinlich disruptiv. Jede Änderung des Geräusches führt auch eine Änderung des Entladungspotentiales herbei.

Die Bestimmung der Potentialdifferenz zur Entladung der Elektricität aus einer Spitze gegen eine Platte, in atmosphärischer Luft, bei verschiedenen Drucken.

Zur Beobachtung der Abhängigkeit des Entladungspotentiales vom Luftdruck wurde der Apparat Fig. 5 construirt.

Eine tubulirte Glasglocke wurde mit Siegellack in eine Rinne gekittet, welche in eine dicke Messingplatte eingedreht war.

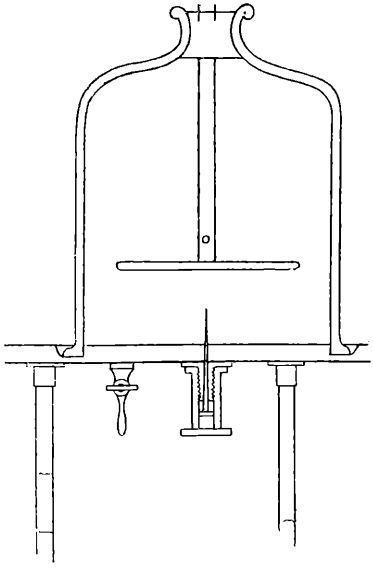


Fig.

Die Messingplatte ist mit drei isolirenden Glasfüssen verbunden. Auf die Mitte derselben ist ein cylindrischer, mit Schraubengewinden versehener Ansatz gelöthet, der sammt der Scheibe durchbohrt ist. In der Durchbohrung lässt sich ein, zum Zwecke der Einstellung der Spitze getheilter Messingdraht mit der Stahlspitze verschieben. Über den Ansatz kann eine cylindrische Hülse geschraubt werden, welche luftdicht abschliesst.

In eine zweite Durchbohrung der Messingplatte ist ein Hahn zur Verbindung mit der Luftpumpe geschraubt.

In die Tubulatur der Glasglocke ist ein durchbohrter Kork gekittet, durch welchen hindurch ein Messingrohr geschoben ist, das am Ende eine Messingscheibe von 12 *cm* Durchmesser trägt und ober derselben durchbohrt ist. Die Messingscheibe steht der Messingplatte des Apparates auf 6 *cm* gegenüber.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Das aus dem Kork herausragende Ende des Messingrohres ist mit einem Quecksilbermanometer und mit einem Hahne zum Einlassen von Luft verbunden.

Gleich nach der Vollendung hielt der Apparat sehr gut dicht.

Anfänglich wurde stets der kleinste Luftdruck eingestellt und die Potentialdifferenz bei negativer Spitze gemessen. Zu den folgenden Messungen wurde jedesmal so viel Luft einströmen gelassen, dass die Quecksilbersäule des Manometers um je 5 *cm* sank, und dies so lange fortgesetzt bis im Inneren der Glocke derselbe Luftdruck wie aussen herrschte.

Bei den späteren Versuchen wurde nebst der Potentialdifferenz auch die Stromstärke mit einem sehr einfachen Galvanometer bestimmt. Dasselbe fand auch bei den Versuchen Verwendung, welche ich mit Herrn v. Pichler zusammen anstellte. Die mit 1790 Windungen paraffinirten Drahtes bewickelte Rolle war einseitig auf das Magnetgehäuse aufgeschoben und entsprach bei den zur Anwendung kommenden Potentialdifferenzen vollkommen. Für höhere Potentialdifferenzen, wie sie bei den grossen Entfernungen der Spitze und Platte vorkommen, treten Störungen auf. Das Galvanometer wurde mit einem Normal-Daniell geaicht.

Bei den allerletzten Versuchen wurde die Reihenfolge der angewendeten Luftdrucke umgekehrt, d. h. es wurde bei grossen Drucken mit den Messungen begonnen, und dann zu den aufeinander folgenden Beobachtungen die Luft ausgepumpt. Hiebei zeigen sich mehrfache Unregelmässigkeiten, welche bei dem ursprünglich eingehaltenen Vorgange nicht hervortraten. Bei den grossen Drucken sinkt nämlich das Manometer während der Entladung beständig. Es steigt wieder, wenn die Entladung unterbrochen wird. Mit einem angefügten Wassermanometer war diese Erscheinung bei Atmosphärendruck sehr auffällig zu beobachten. Bei den kleineren Drucken tritt dieselbe weniger deutlich hervor.

Diese letzterwähnten Unregelmässigkeiten sind auch die Ursachen, warum ich die Versuche nicht ausführlich mittheile, sondern bloss eine aus demselben berechnete Tabelle mittheile, deren Zahlen Mittelwerthe mehrerer Versuchsreihen für jede Spitzendistanz sind, die mitunter nicht unerheblich von einander abweichen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Beobachtungsresultate wurden auf graphischem Wege auf die Drucke von 5, 10, ... 75 *cm* Quecksilbersäulenhöhe umgerechnet. In der nachfolgenden Tabelle sind die so gefundenen Werthe des Entladungspotentiales in A. E. E., für die verschiedenen Entfernungen der Spitze von der Platte eingetragen.

Druck in Centimetern Quecksilbersäule	Entfernung Spitze—Platte in Centimetern						
	1·0	1·5	2·0	2·5	3·0	3·5	4·0
5	4·0	5·0	6·8	6·3	8·8	9·8	11·4
10	5·7	9·4	12·0	13·4	20·0	21·3	25·0
15	8·9	14·2	19·2	26·0	35·5	47·6	53·0
20	12·0	20·3	28·1	37·3	46·8	58·7	67·2
25	15·1	27·1	35·4	44·8	56·0	67·9	77·7
30	19·0	31·9	41·1	51·6	63·7	76·4	87·3
35	23·8	36·5	47·5	57·5	71·0	—	96·2
40	27·8	40·4	53·0	62·9	77·2	—	105·4
45	31·4	44·0	57 6	68·5	83·0	—	—
50	34·9	47·8	61·6	73·6	88·8	—	—
55	38·1	51 5	65·8	78·5	94·4	—	—
60	41·0	54·9	69·9	83·5	100·2	—	—
65	43·7	58·2	73·6	88·0	105·5	—	—
70	46·6	61·4	77 5	92·4	110·3	—	—
75	49·3	64·6	81·2	96·6	115·1	—	—

Zum Zwecke einer rascheren Übersicht dieser Resultate sind dieselben auf Taf. I graphisch dargestellt. Als Abscissen sind die Drucke in Centimeter Quecksilbersäule; als Ordinaten die Potentialdifferenzen in A. E. E. eingetragen. Die Curven sind am rechten Ende mit *V* und sonst mit den Zahlen 1·0, 1·5, 2·0, 4·0, d. i. mit dem zugehörigen Abstande Spitze—Platte bezeichnet. Gegen die kleinen Potentialwerthe brechen die Curven ab; sie müssten eigentlich für sehr starke Verdünnungen wieder ansteigen.

Werden die den oben besprochenen Curven beigesetzten Zahlen als die Höhencoten derselben angesehen, so gibt die graphische Darstellung das Bild einer Fläche. Die Schnitte

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dieser Fläche mit Ebenen, senkrecht zur Ebene p, V und parallel zur V-Axe sind für die Abscissen 10, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75 in die Zeichnungsebene umgelegt gezeichnet und mit den der Abscisse entsprechenden Zahlen 10, 15, 75 beschrieben. Sie geben für denselben Druck die Änderung des Potentiales mit der Spitzenentfernung. Die Curven müssen sämmtlich durch die Punkte 10, 15, 75 der Abscissenaxe hindurchgehen, sie sind von dort an, wo keine Beobachtungen vorliegen, punktirt gezeichnet.

Bei den grossen Verdünnungen, für welche die Potentialdifferenz unter 10 A. E. E. bleibt, scheint die Entladung continuirlich zu sein, wie die Beobachtung des blauen Glimmlichtes an der negativen Spitze mit dem rotirenden Spiegel zeigt.

Bei grösseren Luftdrucken fängt die Entladung an intermittirend zu werden. Bei den grossen Spitzenentfernungen, d. i. 3·0, 3·5 und 4·0 *cm* tritt diese Intermittenz besonders deutlich hervor. Zwischen 10 *cm* und 15 *cm* Luftdruck sind die Messungen bei diesen grossen Distanzen sehr erschwert, weil das Entladungspotentiale continuirlich steigt. Die Stromstärke sinkt dabei, wie aus der Curve 4 *i* zu ersehen ist. Die Entladung, welche unter 10 *cm* ein blaues bürstenartiges Glimmlicht an der Spitze und einen rothen Schein auf der Platte erzeugt, zieht sich bei zunehmendem Drucke sehr zusammen und bildet ein röthliches, auf der Platte aufsitzendes Büschel, dessen Intermittenz eine ganz ausgesprochene ist und zeitweilig zur Funkenbildung führt. Die Änderung des Entladungspotentiales ist hier sehr auffallend. Es spricht sich im steten Ansteigen der bezüglichen Curven aus. Bei noch grösserem Luftdrucke wird die Entladung wieder continuirlich und es bleibt bloss der blaue Lichtpunkt an der Spitze. Die Messungen gehen dann anstandslos von statten.

Die Entladungen bei positiver Spitze sind bei den in Rede stehenden Drucken deutlich intermittirend.

Die punktirte Linie *PQ* in der Tabelle I zeigt ungefähr die Grenze der intermittirenden und der continuirlichen Entladung; beide gehen allmählich in einander über.

Die Stromstärke ändert sich während dieser Versuche innerhalb der Grenzen 0·000134 und 0·000090 Amp. Dieselbe ist bei den niedrigen Gasdrucken am grössten und nimmt gegen die

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

höheren Gasdrucke hin ab. Für die grösseren Entfernungen Spitze—Platte ist diese Abnahme eine raschere.

In der Tabelle I sind mit Punktstrichlinien die Curven eingezeichnet, welche den Verlauf der Stromstärke erkennen lassen. Als Abscissen sind die den Luftdruck messenden Quecksilbersäulenhöhen, als Ordinaten die Stromstärken aufgetragen. Für diese letzteren gilt die auf der rechten Seite der Ordinatenaxe stehende Beschreibung: 090, 100, 110 130, $i = 0 \cdot 000$. Die Curven sind am rechten Ende mit i und sonst mit 1 i, 2·5 (15) i 2·5 (22) i, 4 i beschrieben. Die Zahlen 1, 2·5 und 4 beziehen sich auf den Abstand Spitze—Platte. Die Zahlen (15), (22) sind die Versuchsnummern.

Für die Distanz 4 sinkt die Curve der Stromstärke in der Ordinate, welche der Abscisse 15 entspricht, rasch ab, während das Potentiale ansteigt. Es entsprechen diese Vorgänge der ausgesprochenen Intermittenz der Entladungen.

Die Curven 2·5 (15) und 2·5 (22) sind an zwei verschiedenen Versuchstagen bei 74·8 und 73·5 *cm* Barometerstand aufgenommen. Während bei (15) die Stromcurve grössere Werthe aufweist als bei (22), ist die entsprechende Potentialcurve tiefer gelegen.

Die vorangeführten Versuche geben eine Charakteristik der Erscheinungen im Grossen und Ganzen; eine genaue Wiedergabe sind sie der mannigfaltigen Fehlerquellen halber nicht.

In den Untersuchungen über das Funkenpotentiale findet Paschen, dass denselben Producten $p.\delta$ des Luftdruckes und der Schlagweiten für verschiedene Werthe der Factoren stets die gleiche Potentialdifferenz entspricht. Es trifft dies für Luft und Wasserstoff sehr scharf, für Kohlensäure sehr nahe zu.

Ich habe nun versucht, aus der Tabelle Seite 150, die den Producten $p\delta$ entsprechenden Potentialwerthe für die Entladung der Elektricität aus der Spitze gegen die Platte zu berechnen, und ich führe in der nachfolgenden Zusammenstellung die gefundenen Zahlenwerthe an. Unter $p\ \delta$ sind die fraglichen Producte, unter 1·0, 1·5, 4·0, den Factoren δ dieses Productes, d. i. den Spitzendistanzen, die für dieselben berechneten Potentialwerthe eingetragen. So z. B. ist das Product $p.\delta = 40$ zerlegt in 40.1·0, $26^2/_3$.1·5, 20.2·0, 16.2·5... Dafür finden sich in obiger

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle die Potentialwerthe 27·8 und 28·1 für die Entfernungen $\delta = 1 \cdot 0$ und $2 \cdot 0$ in den Horizontalreihen 40 und 20 unmittelbar, jene 28 7 und 28·3 für $\delta = 1 \cdot 5$ und $2 \cdot 5$ durch Interpolation.

$p.\delta$	Distanzen Spitze—Platte						
	1·0	1·5	2·0	2·5	3·0	3·5	4·0
10	5·7	5·8	6·8	—	—	—	—
15	8·9	9·4	9·4	7·7	8·8	—	—
20	12·0	12·3	12·0	10·6	12·5	11·7	11·4
25	15·1	16·2	15·6	13·4	16·2	15·6	14·9
30	19·0	20·3	19·2	20·9	20·0	19·4	18·2
35	23·8	24·8	23·7	23·5	25·2	23·3	25·2
40	27·8	28·7	28·1	28·3	30·3	30·1	25·0
45	31·4	31·9	31·7	32·8	35·5	36·2	32·0
50	34·9	34·9	35·4	37·3	39·3	44·0	39·0
55	38·1	37·8	38·2	40·3	43·0	49·2	46·0
60	41·0	40·4	41·1	43·3	46·8	52·3	53·0
65	43·7	42·8	44·3	46·2	49·9	55·6	56·6
70	46·6	45·3	47·5	48·9	52·9	58·7	60·1
75	49·3	47·8	50·2	51·6	56·6	61·3	63·7
80	52·0	50·3	53·0	53·8	58·6	64·0	67·2
85	—	52·6	55·3	56·3	61·1	66·6	69·8
90	—	54·9	57·6	58·6	63·7	69·0	72·5
95	—	57·1	59·6	60·5	66·1	71·4	75·1
100	—	59·3	61·6	62·9	68·6	73·5	77·7

Für die kleinen Luftdrucke und für die kleinen Spitzenentfernungen erweisen sich die, demselben Producte $p\delta$ entsprechenden Potentialdifferenzen in der That sehr nahe constant. Abweichungen scheinen zum Theile Versuchsfehlern zu entspringen. Für die grösseren Werthe der Producte $p\delta$ findet eine ausgesprochene Zunahme der Potentialwerthe für die grösseren Werthe von δ statt. Die Constanz des Werthes von V, für dieselben Producte $p\delta$, gilt daher insbesonders für das durch die Linie PQ, Taf. I, abgegrenzte Gebiet der intermittirenden Entladung und namentlich für die Curve 1·5, 2·0, 2·5 etwas darüber hinaus,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

so dass es in der That den Anschein hat, als ob diese von Paschen gefundene Constanz für die disruptive Entladung charakteristisch wäre.

Die Bestimmung der Potentialdifferenz bei Entladung der Elektricität aus einer Spitze gegen eine Platte, in Wasserstoff, bei verschiedenen Drucken.

Der Apparat Fig. 7 wurde mit Wasserstoff gefüllt und dann noch Wasserstoff durch längere Zeit hindurchgeleitet. So umfangreiche Versuchsreihen wie mit Luft wurden nicht ausgeführt, da das Ansteigen der Potentialdifferenz während der discontinuirlichen Entladung so stark ist, dass Messungen bei diesen Drucken kaum auszuführen sind. Die Versuchsanordnung war dieselbe wie bei atmosphärischer Luft. Es wurden zwei Influenzmaschinen und vier Leydenerflaschen als Cascadenbatterie von 177 *cm* Capacität angewendet.

Versuch Nr. 25; Distanz Spitze—Platte 2·5 *cm*:

h	*V*	
73·09 *cm*	38·31 A. E. E.	0·000120 Amp.
62·10	34·54	120
41·60	25·59	122
30·15	19·80	122
17·88	13·94	125
9·35	8·83	—
2·25	zu klein	125

Die diesen Beobachtungen entsprechende Curve ist in Taf. I eingetragen und mit *H* 2·5 beschrieben. Die Potentialwerthe sind im Mittel etwa 2·5 mal kleiner als bei der gleichen Entfernung Spitze—Platte und atmosphärischer Luft. Bei grösseren Drucken weichen die Potentialwerthe nach abwärts, bei niedrigen Drucken nach aufwärts von der angegebenen Verhältnisszahl ab.

Versuch Nr. 26; Distanz Spitze—Platte 5 *cm*:

h	*V*	
234·9	{40·99 / 41·72}	0·000122
141·0	24·29	125
90·3	17·14	125
50·9	10·39	131

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

h	V	
109·0	19·65	0·000125
149·0	25·40	—
231·7	37·41	123
326·7	59·13	112

Die Lichterscheinungen, welche die Entladung begleiten, sind bei den geringen Drucken im Wasserstoffgase weitaus auffallendere als in atmosphärischer Luft und häufig mit sehr ausgesprochener Schichtung versehen. Durch Einschalten einer grösseren Capacität, also z. B. einer grossen Leydener Batterie, treten besonders deutliche Schichtungen auf.

Von diesen Lichterscheinungen, welche von denen, die man gewöhnlich beobachtet, sich wesentlich unterscheiden, sind einige auf Taf. II dargestellt.

Fig. 1 ist eine Entladung aus negativer Spitze, bei 5 *cm* Spitzenabstand und 1·38 *cm* Quecksilbersäulenhöhe und der Cascade von vier Leydenerflaschen $\frac{C_1}{4} = 177$ *cm*.

Fig. 2 ist eine Entladung aus negativer Spitze, in einem Gemische von atmosphärischer Luft und Äthylätherdampf, bei 2·5 *cm* Spitzenentfernung, 0·52 *cm* Druck und der Cascade von vier Flaschen. Es findet eine rasch verlaufende Intermittenz statt.

Fig. 3 ist eine Entladung aus negativer Spitze, unter denselben Umständen wie in Fig. 2 und einer Batterie von 12 grossen Leydenerflaschen, in zwei zur Cascade verbundenen Gruppen zu sechs Flaschen, d. i. von 50 *m* Capacität. Die Schichtung ist eine sehr deutlich ausgesprochene, wie es nach dem bekannten Verhalten von Ätherdämpfen gegen elektrische Entladungen zu erwarten war.

Fig. 4 ist eine Entladung aus negativer Spitze in Wasserstoff, bei einer Spitzenentfernung von 4 *cm*, 1·7 *cm* Druck und einer Batterie von 24 Flaschen, in zwei zur Cascade verbundenen Gruppen zu 12 Flaschen, von einer Capacität von 100 *m*. Das Licht ist blassviolett. Die Zacken der Figur auf der Platte unter der Spitze zeigen zeitweilig eine Rotation an. Auf der oberen Scheibe sind mehrere leuchtende und dunkle concentrische Ringe wahrzunehmen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 5 ist eine Entladung unter denselben Umständen wie bei Fig. 4, aber aus positiver Spitze. Die Lichtfigur auf der oberen Platte rotirt mehr oder minder lebhaft im Sinne des Uhrzeigers. Bei einer Vergrösserung der Spitzenentfernung auf 5 *cm* treten an Stelle der gezeichneten Figur mehrere unregelmässige, nahe am Umfange befindliche, lichte Flecke auf, welche sich mehr oder weniger rasch hin und her zu bewegen scheinen. An der Spitze hört die Erscheinung nahezu auf, und von der oberen Fläche der oberen Platte tritt zeitweilig ein Lichtbündel zur unteren Platte herab.

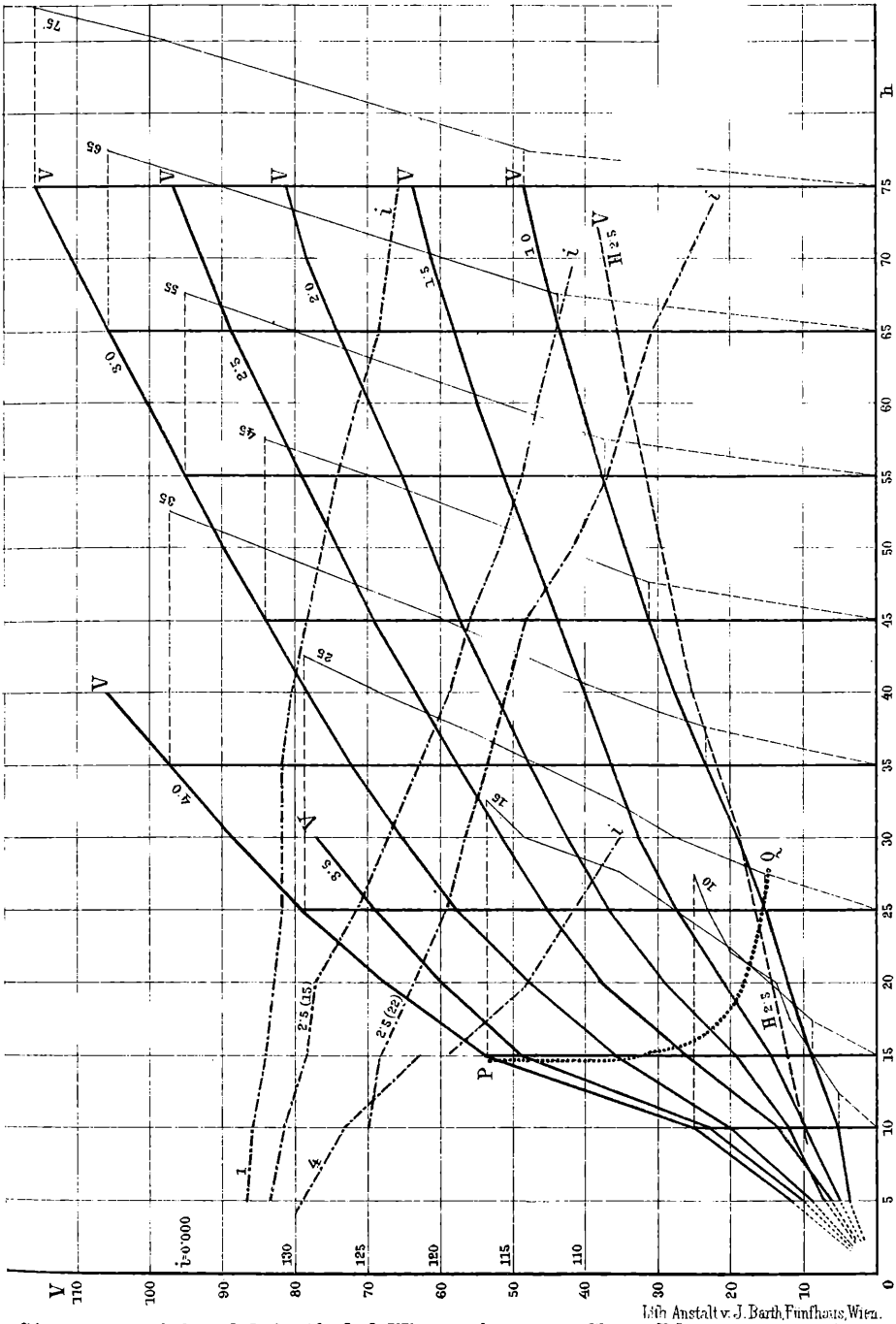
Fig. 6 ist eine Entladung aus negativer Spitze in Wasserstoff, bei 5 *cm* Spitzenentfernung, 0·76 *cm* Druck und 24 Leydenerflasche in zwei zur Cascade verbundenen Gruppen von 12 Flaschen $C = 100\,m$. Die Spitze tritt hier durch den dunklen Raum, welcher die Schichten und das an die Spitze hinanreichende Glimmlicht trennt, hindurch, so als ob das obere Ende an der Entladung gar nicht betheiligt wäre. Die zackige Figur unter der Spitze ist in lebhafter Bewegung.

Fig. 7. Wird der Druck des Wasserstoffgases auf 1·9 bis 3·6 *cm* gesteigert, so ziehen sich die Schichten der Entladungen in der Weise zusammen, wie es in Fig. 7 dargestellt ist. Man könnte diese Erscheinung einen geschichteten Funken nennen.

Fig. 8 und 9. Durch Einschalten der Spirale eines Ruhmkorff'schen Apparates in den Gang der Entladung gelingt es, zwischen dem geschichteten Funken und der negativen Spitze, oder der negativen Platte, bei positiver Spitze einen dunklen Raum zu erzeugen. Ist eine Luftstrecke in den Schliessungskreis geschaltet, dann leuchtet diese Strecke, wie in Fig. 8 angedeutet, schwach auf. Die hier angeführten Erscheinungen sind in Wasserstoff bei 1·5 *cm* Druck unter Anwendung der grossen Batterie entstanden. In Leuchtgas gelingen diese Erscheinungen vornehmlich mit positiver Spitze. Auch in dem Gemische von Ätherdampf mit Luft habe ich bei Drucken von 1·02—1·42 *cm*, bei 2·5 *cm* Spitzenentfernung solche geschichtete Funken zu Stande gebracht.

Die Entladungen, welche die Funken erzeugen, sind intermittirend, jede Entladung für sich ist wahrscheinlich oscillirend, wie nach der grossen Capacität der Batterie und bei Anwendung

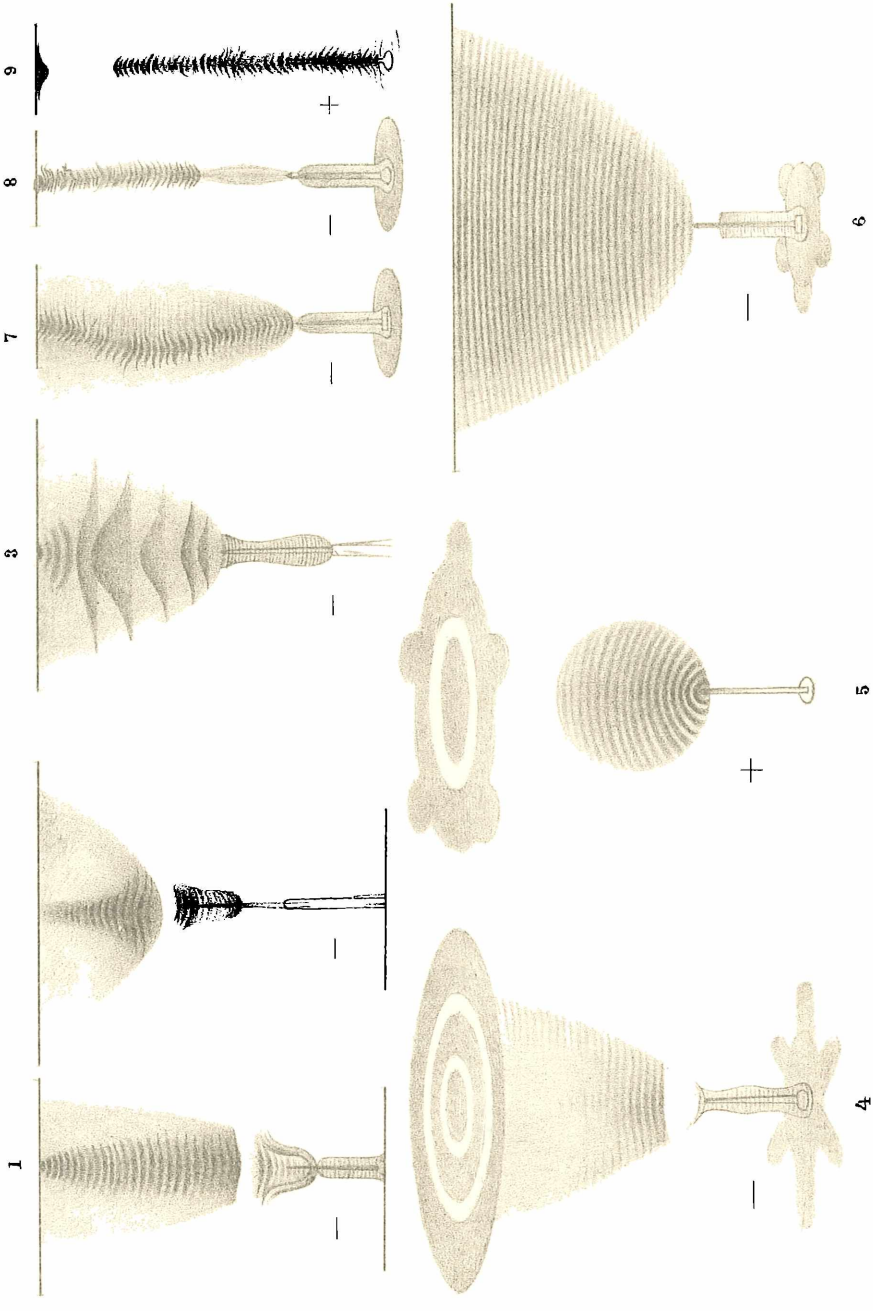
©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



Lith. Anstalt v. J. Barth, Funfhaus, Wien.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



Lith. Anstalt v. J. Barth, Fundhaus, Wien

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Ruhmkorffspirale, der grossen Selbstinduction halber, zu ererwarten ist.

Beim Anblicke dieser Entladungsform wurde ich sofort an die Blitzphotographien des Herrn H. Kayser[1] erinnert. Obgleich Kayser sagt: Der Fall, dass wir es mit Schichten zu thun haben, wie wir sie bei der Entladung im luftverdünnten Raume sehen, welche aber auch bei hohen Drucken auftreten, ist zu verwerfen, da alsdann der Blitzstrahl durch die Mitte der Schichten hindurchgehen müsste, nicht aber dieselben auf der einen Seite begrenzen", scheint es mir doch, dass eine ähnliche Schichtung aufgetreten sei. Der Blitz kann ja auch eine intermittirende Entladung sein; Blitzphotographien lassen dies ja mitunter deutlich erkennen. Die einzelnen, rasch aufeinander folgenden Entladungen schlagen nahezu dieselben Bahnen ein und eine der Entladungen kann die Schichtung zeigen; von drei Bildern der anderen Entladungen fällt dann, wie im vorliegenden Falle, eines gerade über den Rand der Abbildung des geschichteten Strahles. Auch an die „rosenkranzförmig" genannten Blitze hat mich die geschichtete Entladung erinnert.

---

[1] Wiedemann's Annalen, Bd. XXV, S. 131.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: 100_2a

Autor(en)/Author(s): Obermayer Albert von

Artikel/Article: Untersuchungen über die Entladung der Elektricität aus Spitzen, in verschiedenen Gasen, bei verschiedenen Drucken. 127-157