

Dieses verglichen damit, dass es auch sonst lauter antiseptische Mittel sind, welche — wenn sie überhaupt in der Pyrogallollösung angewandt werden können, ohne dieselbe zu zerstören — die Pyrogallussäure ebenfalls conserviren (Glycerin, absoluter Alkohol, Säuren, Salicyl, Thymol etc. etc.)¹⁾, leitet zu dem Schlusse, dass auch das schwefligsaure Natron hier nur als Desinfectionsmittel wirkt. Die rasche Oxydation der Pyrogallussäure könnte z. B. der Lebensprocess eines Mikroorganismus sein, der die Oxydation in neutraler Lösung bedingt, in alkalischer verstärkt. Aehnlich wie *Bacterium aceti* im Alkohol.

Oder besteht überhaupt die Wirkung der Desinfectionsmittel in einer Verzögerung von Oxydationsprocessen organischer Materie, die auf eine unbekannte Weise vor sich geht?

Heidelberg, April 1888.

XII. *Beiträge zur Theorie der Luftelectricität;* *von L. Sohncke.*

(Aus dem ersten Theil einer gleichnamigen Abh. in den Sitzungsber. der k. bayr. Acad. d. Wiss.; mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

1. In der vorliegenden Abhandlung suche ich auf experimentellem Wege die Frage zu beantworten, ob die von einer electricisirten Flüssigkeit aufsteigenden Dämpfe Electricität mit sich nehmen, was bekanntlich in neuerer Zeit von Hrn. F. Exner wieder behauptet und zur Grundlage einer Theorie der atmosphärischen Electricität gemacht worden ist. Ich komme auf Grund vieler Versuche zu dem Ergebniss, dass eine solche Mitnahme der Electricität durchaus nicht nachweisbar ist, dass also die Exner'sche Theorie vorläufig jeder experimentellen Unterlage entbehrt.

Ueber die genannte Frage liegen aus den letzten Jahren zwei Arbeiten vor, deren Ergebnisse einander direct wider-

1) Vgl. Eder, Handb. der Phot. 3. p. 96 ff.

sprechen. 1883 veröffentlichte Hr. L. J. Blake¹⁾ seine im physikalischen Laboratorium der Berliner Universität ausgeführte Untersuchung, bei der er destillirtes Wasser, Kochsalzlösung, absoluten Alkohol, concentrirte Schwefelsäure, Ostseewasser, sowohl bei Zimmertemperatur als bei $+100^{\circ}$, schliesslich noch Quecksilber bei Zimmertemperatur und bei 360° anwandte. Sein Schlussresultat lautet: „Der aus ruhigen electrisirten Flüssigkeitsoberflächen aufsteigende Dampf ist electricisch neutral.“

1886 veröffentlichte Hr. F. Exner²⁾ eine Abhandlung über die Ursache und die Gesetze der atmosphärischen Electricität, in welcher er durch Versuche mit Alkohol und Aether nachweist, „dass die Dämpfe Electricität mit sich führen, wenn sie aus einer electrisirten Flüssigkeit sich entwickeln“³⁾.

Hr. Blake hat seine Versuche ausführlich mitgetheilt; sie scheinen mit grosser Sorgfalt und Umsicht angestellt zu sein und machen einen sehr zuverlässigen Eindruck. Uebrigens wurden bei denselben nicht, wie Hr. Exner sagt, nur Potentialdifferenzen von 400 Volt angewandt, sondern vermittelt einer Töpler'schen Maschine auch solche, die einer Schlagweite von 3 bis 8 mm entsprachen.⁴⁾

Hr. Exner berichtet über seine zu entgegengesetzten Ergebnissen führenden Versuche nur ganz kurz, sodass es schwer hält, ihre Zuverlässigkeit zu beurtheilen. Um die Ursache der Verschiedenheit der von beiden Beobachtern gewonnenen Resultate aufzufinden, schien mir unter diesen Umständen die Wiederholung der Blake'schen Versuche zunächst überflüssig, dagegen die Wiederholung der Exner'schen Versuche geboten. Was ich dabei fand, wird im Folgenden mitgetheilt.


2. Hrn. Exner's Angaben folgend, stellte ich ein grosses cylindrisches Messinggefäss von $\frac{1}{3}$ m Weite und fast $\frac{1}{2}$ m

1) L. J. Blake, Wied. Ann. 19. p. 518. 1883.

2) F. Exner, Wien. Ber. 93. II. Abth. Febr.-Heft. 1886.

3) l. c. p. 31.

4) l. c. p. 531 u. 532.

Tiefe auf drei Schellacksäulchen isolirt auf. Es war dazu bestimmt, die durch Aetherdämpfe übertragene Electricität aufzunehmen. Der Aether befand sich etwa 1 cm über der Mitte dieses Gefässes in einer flachen Messingschale von 11 cm Durchmesser und mit 6 mm hohem wulstigen Rande. Die Schale hing an drei 13 cm langen Drähten, die oben in einen Ring zusammenliefen, letzterer getragen von einem kleinen Messinghaken, der das Ende eines 30 cm langen, zweimal rechtwinklig gebogenen Ebonitstabes  bildete.

Die Versuche verliefen nun so: Das Messinggefäss wurde erst zur Erde abgeleitet, darauf isolirt und durch einen mit isolirter Handhabe versehenen Draht mit einem Pol eines Mascart'schen Electrometers in Verbindung gesetzt, das für objective Ablesungen mit Lichtzeiger eingerichtet war. Wenn das Gefäss ganz allein stand, — ohne geladene Messingschale über ihm, — so betrug die jetzt erfolgenden Ausschläge des Lichtzeigers meist 10 bis 20, selten bis 40, Theilstriche, und erwiesen das Gefäss fast ausnahmslos als negativ. Die Empfindlichkeit war eine solche, dass ein Pol eines Daniellelementes, dessen anderer Pol an Erde lag, 15 bis 20 Scalentheile Ausschlag gab.

Solche Versuche mit dem Messinggefäss allein wurden zur Controle fortwährend zwischen die eigentlichen Versuche eingeschoben. Um letztere anzustellen, musste man die Schale, sei es mit, sei es ohne Aetherfüllung, electricisiren. Dazu wurde sie auf den (+) Conductor einer im Nebenzimmer stehenden Reibungselectrisirmaschine gesetzt, und letztere ein mal gedreht. Dann wurde die Schale vermittelst des erwähnten Ebonitstabes, dessen anzufassendes Ende mit Stanniol bewickelt war, vom Conductor abgenommen und über dem nicht zur Erde abgeleiteten Messinggefäss aufgehängt. Nach 1 bis $1\frac{1}{4}$ Minuten wurde sie wieder entfernt und jetzt die Electricisirung des Gefässes untersucht. War die Schale leer gewesen, so erfolgten nun bald negative, bald positive Ausschläge, ohne Regelmässigkeit. Die negativen Ausschläge waren dabei oft wesentlich grösser als bei freiem Gefäss (ohne Schale), was nur als Influenzwirkung gedeutet werden kann.

Die positiven Ausschläge sind Folge schwacher Zerstreuung der positiven Ladung der Schale, die darüber gegangen hatte.

Wenn nun die + electricisirte Schale Aether enthalten hatte, waren die nachträglichen Ausschläge stets sehr gross +; meist ging der Lichtzeiger über die Scala hinaus. Hrn. Exner's Beobachtungen hierüber finden also volle Bestätigung. Nichtsdestoweniger ist der von ihm gezogene Schluss, dass hierdurch die Mitnahme der Electricität durch die Aetherdämpfe bewiesen sei, nicht haltbar. Denn ich erhielt nach Qualität und Quantität genau ebensolche Resultate, wenn die Füllung der Schale nicht Aether, sondern unter 0° C. abgekühltes Salzwasser einer Kältemischung war. In diesem Falle fand aber sicher keine Verdunstung statt, sondern im Gegentheil Condensation der Wasserdämpfe aus der umgebenden Luft auf der abgekühlten Schale. Wenn trotzdem auch in diesem Falle Electricität von der + electricirten Schale auf das darunter stehende Gefäss übertragen war, so konnte die Ursache nur in Luftströmungen liegen, die durch die starke Temperaturdifferenz erzeugt waren. Die an der kalten Messingschale herabsinkende Luft, oder vielmehr die in ihr schwebenden Staubtheilchen, entführen der Schale Electricität und geben sie an das unten stehende Gefäss ab. Ganz ebenso muss der Vorgang sein, wenn die Schale mit Aether gefüllt ist; denn durch die Aetherverdampfung wird ja die Schale ebenfalls sehr stark abgekühlt.

Es ist überflüssig, die einzelnen Versuche aufzuzählen; nur soviel sei gesagt: Wenn überhaupt die Bedingungen der Versuchsanordnung richtig getroffen waren, sodass von der Aether enthaltenden + electricirten Schale + Electricität auf das untergestellte Gefäss überging, so ging ausnahmslos auch von der mit Kältemischung gefüllten + electricirten Schale + Electricität in mindestens demselben Betrag auf das untergestellte Gefäss über. Derartige Versuche können also sicher nicht als Beweis dafür dienen, dass die von einer electricirten Flüssigkeit auf-

steigenden Dämpfe Electricität mit sich nehmen. Die ganze Versuchsanordnung ist übrigens wenig empfehlenswerth und namentlich zu quantitativen Bestimmungen ungeeignet, denn auch bei scheinbar ganz gleicher Anordnung sind die Resultate oft wenig übereinstimmend. Daher habe ich noch eine andere Methode angewendet, die quantitative Ergebnisse zu versprechen schien.

3. Der Grundgedanke dieser Methode ist folgender: Wenn die Dämpfe einer electrisirten Flüssigkeit wirklich Electricität mit sich nehmen, so muss sich von einer isolirt aufgestellten electrisirten flachen Schale voll verdunstender Flüssigkeit die Electricität schneller zerstreuen als von der leeren Schale. Man hat also nur die Geschwindigkeiten zu vergleichen, mit welchen bei voller und bei leerer Schale das Potential von demselben Anfangswerth aus abnimmt. Bei der Verwirklichung dieses Gedankens nahm ich Abstand von der Anwendung des Mascart'schen Electrometers, um die Schale nicht auf einen eigenen Isolator stellen zu müssen, dessen Einfluss die Erscheinung compliciren konnte. Die Electroden dieses Electrometers sind nämlich zu gebrechlich, um die Schale an ihnen selber aufzuhängen. Also befestigte ich die Schale direct auf einem sogenannten Goldblattelektroskop. Als solches diente ein Beetz'sches Electroskop mit Aluminiumblättchen, welche sich im Innern eines breiten liegenden Messingcylinders befinden, dessen Enden durch Glasplatten geschlossen sind. Die Blättchen hängen an einem Messingstab, der durch Ebonit und Schellack isolirt durch das Gehäuse hindurchgeht. Ausser dieser Isolirvorrichtung werden in den folgenden Versuchen keinerlei Isolatoren verwendet.

Die Schale mit der Flüssigkeit darf nun nicht unmittelbar an Stelle des Knopfes auf das Electroskop geschraubt werden; denn die herabsinkenden Dämpfe oder kalten Luftströmungen, oder auch nur die Kälte der abgekühlten Schale, die bis zum Isolator geleitet wird, verändern, wie ich mich überzeugte, das Isolationsvermögen desselben in viel zu hohem Grade. Daher wurde statt des Knopfes zunächst ein 20 cm langer, horizontaler, in einen Knopf endigender Messingarm

angesetzt und von seinem Knopfe aus die (schon zu den früheren Versuchen benutzte) Schale mittelst der drei Drähte herabhängen gelassen. So konnte der Isolator möglichst wenig durch Kälteleitung verändert werden. Ein grosser Metallschirm mit rundem Loch für den freien Durchtritt des horizontalen Armes hielt die Dämpfe möglichst von dem Isolator ab. Der Beobachter war immer durch mit Stanniol bekleidete Pappschirme vom Electroskop getrennt; das Electroskopgehäuse und die Schirme waren zur Erde abgeleitet.

Nach Mittheilung einer Ladung (durch einen geriebenen Ebonitstab) nimmt die Blättchendivergenz langsam ab. Dieses allmähliche Sinken des Potentials verfolgte ich durch ein fest aufgestelltes, bei allen Versuchen unverrückt stehendes gelassenes Mikroskop von horizontaler Lage mit 100-theiligem Ocularmikrometer. Der Werth eines Theilstriches war $\frac{1}{20}$ mm. Weil nun Zehntel noch geschätzt werden konnten, so liessen sich Verrückungen des beobachteten Blättchens im Betrage von $\frac{1}{200}$ mm noch eben wahrnehmen. Im unelectrischen Zustande stand das eine Blättchen, welches stets allein beobachtet wurde, ganz am Rande des Gesichtsfeldes (beim Theilstrich — 13). Beim Electrisiren macht es einen Ausschlag durch das Gesichtsfeld hindurch, eventuell über den anderen Rand desselben hinaus. Man entzieht nun, durch Anlegen eines mittelmässig leitenden Stäbchens, soviel Electricität, dass das Blättchen wenig über + 82 steht; dann überlässt man das weitere Sinken der Zerstreung. Wenn das Blättchen ungefähr bis auf 79 oder wenig tiefer gekommen ist, notirt man die Zeit, sowie die Stellung des Blättchens und beobachtet nun weiter an einer Secundenuhr mindestens 8 Minuten lang, bis zu welchem Strich das Blättchen nach je 2 Minuten gesunken ist. So kennt man die Strecken, welche das Blättchen in je 2 Minuten durchlaufen hat, und schliesst daraus auf die Geschwindigkeit der Zerstreung der Electricität. Die Durchlaufung der Strecke 80 bis 60 entspricht einer Verminderung des Winkels, den das Blättchen mit der Verticalrichtung macht, um weniger als 2° , nämlich etwa von $8^\circ 38'$ bis $6^\circ 48'$. Diese Ausschläge

entsprechen (nach freilich sehr roher Schätzung) Potentialwerthen von 200 bis 300 Daniell.

4. Vorversuche. Den Hauptversuchen mussten Vorversuche vorausgeschickt werden, um den Einfluss verschiedener Nebenumstände festzustellen. Zuerst suchte ich den Einfluss des Rückstandes im Isolator kennen zu lernen. Wenn das Electroskop sehr stark geladen und dann wieder soweit entladen wurde, dass das Blättchen auf 80 stand, so änderte es nun von selbst seine Stellung ziemlich schnell im Sinne wachsenden Ausschlages bis gegen Theilstrich 90; man hatte es also mit einer Rückstandserscheinung zu thun: Die disponible Ladung wuchs von selbst. Ich gebe nur ein Beispiel aus vielen.

Am 13. October 1887 wurde das Electroskop 1 Minute lang sehr stark geladen gehalten und dann bis Strich 80 entladen; der Ausschlag wuchs darauf von selbst bis 88. Jetzt wurde so viel Electricität entzogen, dass das Blättchen bis 81 sank. Von dem Moment, wo der Strich 80 passirt wurde, beobachtete ich dann das weitere in je 2 Minuten eintretende Sinken. Im Anschluss an diesen Versuch machte ich sofort einen zweiten mit schwacher Anfangsladung. Ich brachte das Blättchen auf 82 herab, es sank weiter, ohne von selbst gestiegen zu sein; und ich beobachtete wieder, vom Momente des Passirens von Strich 80 an, das weitere in je 2 Minuten eingetretene Sinken. Die Ergebnisse dieses Doppelversuches waren:

Zeit	Sinken bei		Differenz
	starker	schwacher	
	Anfangsladung		
0—2 Minuten	1,8 ^{sc}	3,1 ^{sc}	1,3 ^{sc}
2—4 „	2,3	3,1	0,8
4—6 „	2,6	3,0	0,4

1 Scalenthail sc = $\frac{1}{20}$ mm.

Man bemerkt, dass die Blättchen nach vorausgegangener starker Ladung viel langsamer zusammenfallen, als nach schwacher Ladung. Hat man also, unter übrigens gleichen Umständen, bei zwei Versuchen Anfangsladungen von sehr verschiedener Stärke benutzt und sie etwa auch verschieden

lange andauern lassen, so erfolgt das Zusammenfallen der Blättchen von derselben Anfangsstellung aus doch nie auf identische Weise, zumal in den ersten paar Minuten, während deren sich der Einfluss des Rückstandes am meisten fühlbar macht. Der hier erkannte Einfluss des zum Messinstrument gehörigen Isolators mahnte zur äussersten Vorsicht. Daher wurde bei den endgültigen Versuchen immer eine möglichst gleiche Anfangsladung ertheilt (Ausschlag bis zum Strich 110 bis 120), dieselbe möglichst schnell bis etwa zum Ausschlag 82 vermindert, und der weitere Zusammenfall — wie erwähnt — erst etwa von Strich 79 an beobachtet, um den in den ersten Minuten zu befürchtenden unregelmässigen Einfluss des Rückstandes möglichst auszuschliessen.

Ferner glaube ich bemerkt zu haben, dass wenn nach mehrstündiger Unterbrechung mehrere Versuche dicht hintereinander unter möglichst gleichen Umständen angestellt wurden, die Blättchen beim ersten Versuch meist etwas schneller zusammenfielen als bei den folgenden, so als ob ein Theil der zugeführten Electricität zur Ladung des Isolators verbraucht würde. Als Beispiel diene der erste Versuch vom 14. October 1887 (I), verglichen mit dem unmittelbar danach angestellten (II) und mit einem 2 Stunden später angestellten (III), nachdem inzwischen dauernd mit dem Instrumente gearbeitet war.

	I	II	III
0—2 Minuten	3,1	2,65	2,7
2—4 „	2,5	2,55	2,6
4—6 „	2,7	2,3	2,3
6—8 „	2,1	2,1	2,2
0—8 Minuten	10,4	9,6	9,8

Der während 8 Minuten durchlaufene Weg des Blättchens ist im ersten Versuche (10,4 Scalentheile) merklich grösser als in den beiden anderen. Solche Bemerkung machte ich wiederholt, jedoch nicht ohne Ausnahme. Doch sind im Folgenden aus Vorsicht alle Versuche weggelassen, welche als erste nach mehrstündiger Unterbrechung angestellt wurden.

5. Weitere Vorversuche. Von weit störenderem Einflusse als der Rückstand zeigten sich die Aenderungen der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur, wie das ja schon Coulomb erkannt hat. Infolge dieser Umstände waren Beobachtungen, die an verschiedenen Tagen oder nur zu wesentlich verschiedenen Stunden desselben Tages angestellt waren, überhaupt nicht miteinander vergleichbar. Um eine Vorstellung von der Verschiedenheit der Zerstreuung zu verschiedenen Tageszeiten und an verschiedenen Tagen zu geben, auch wenn die übrigen Bedingungen möglichst unverändert waren, kann folgende Zusammenstellung der Geschwindigkeiten des Blättchens in fünf verschiedenen Versuchen dienen, deren jeder als zweiter Versuch nach längerer Unterbrechung angestellt war.

	8. Oct. Nachm.	12. Oct. Vorm.	14. Oct. Vorm.	14. Oct. Nachm.	15. Oct. Vorm.
0—2 Minuten	6,65	0,8	2,65	3,7	1,9
2—4 „	6,0	0,9	2,55	3,4	1,9
4—6 „	5,4	1,0	2,3	3,3	1,6
6—8 „	5,55	1,0	2,1	3,3	1,6
0—8 Minuten	23,6	3,7	9,6	13,7	7,0

Wenn man hier auch die beiden ersten, höchst aussergewöhnlichen Versuche weglässt, so zeigen doch auch die übrigbleibenden, dass die Zerstreuung an einem Tage doppelt so gross sein kann als an einem anderen. Daraus entspringt die Nöthigung, immer nur solche Versuche miteinander zu vergleichen, die unmittelbar nacheinander, also unter möglichst gleichartigen Bedingungen des Luftzustandes, angestellt worden sind.

Ich glaubte anfangs den Isolator dadurch jedesmal in denselben Zustand versetzen zu können, dass ich ihn dicht vor jeder Beobachtungsreihe mit der Bunsenflamme stark erhitzte. Dies Verfahren bewährte sich aber nicht, sodass ich es fallen liess.

6. Letzte Vorversuche. Um mich zu überzeugen, ob bei meiner Versuchsanordnung auch wirklich ein wesentlicher Theil der Electricität sich in die Luft zerstreut, und nicht etwa der Haupttheil durch den Isolator

entflieht, stellte ich am 14. October vormittags nahe nacheinander drei Versuche mit gleichem Anfangspotential an, bei deren mittelstem ich aber die am Horizontalarm hängende Schale entfernt hatte, sodass bei diesem Versuche eine wesentlich kleinere Oberfläche des geladenen Leiters mit der Luft in Berührung stand. Hier musste dann die Zerstreuung geringer sein. Die Zerstreuungsgeschwindigkeiten waren:

Zeit	Mit Schale	Ohne Schale	Mit Schale
0—2 Minuten	2,7	2,2	2,7
2—4 „	2,25	2,1	2,6
4—6 „	2,5	1,8	2,3
6—8 „	2,2	1,75	2,2
0—8 Minuten	9,65	7,85	9,8

Diese Versuchsreihe, sowie mehrere analog angestellte, lehren übereinstimmend, dass die Zerstreuung wesentlich langsamer erfolgt, wenn der Leiter durch Entfernung der Schale verkleinert ist, während die Zerstreuung bei dem ersten und letzten Versuche (mit Schale) recht befriedigend übereinstimmt. Hiermit ist nachgewiesen, dass sich ein wesentlicher Theil der Ladung wirklich in die umgebende Luft zerstreut.

7. Versuche mit Wasser. Um zu ermitteln, ob bei der Verdunstung des Wassers von Zimmertemperatur Electricität durch die Dämpfe fortgeführt wird, stellte ich am 8. October vormittags bei 18,0° C. dicht hintereinander drei Versuche an, die beiden ersten mit leerer Schale, während sich beim dritten reines Wasser von Zimmertemperatur in der Schale befand. Die Zerstreuungsgeschwindigkeiten waren:

Zeit	Schale leer	Schale leer	Schale voll Wasser
0—2 Minuten	4,4	4,45	4,3
2—4 „	4,3	4,4	4,3
4—6 „	4,05	4,0	4,2
6—8 „	3,85	4,05	4,0
0—8 Minuten	16,6	16,9	16,8

In diesen, wie in anderen Versuchen von derselben Anordnung, zeigt sich keine Spur eines Einflusses der Wasserausfüllung auf die Zerstreung der Electricität.

Sodann benutzte ich kochendes Wasser, das in die stark erhitzte Schale gegossen und, nach Beruhigung des Aufwallens, electricisirt wurde. Am 17. October wurden unmittelbar nacheinander fünf Versuche angestellt: der erste mit leerer Schale von Zimmertemperatur (20° C.), der zweite mit stark erhitzter leerer Schale, die sodann electricisirt wurde, der dritte mit der Schale voll heissen Wassers, der vierte mit erhitzter leerer, der fünfte mit der Schale voll heissen Wassers.

Zeit	Leere Schale von 20°	Leere Schale erhitzt	Schale voll heiss. Wasser	Leere Schale erhitzt	Schale voll heiss. Wasser
0—2 Minuten	2,6	3,2	3,0	2,9	2,9
2—4 „	2,6	2,8	2,5	2,5	2,9
4—6 „	2,0	3,1	2,8	2,75	2,6
6—8 „	2,0	2,6	2,6	2,65	2,7
0—8 Minuten	9,2	11,7	10,9	10,8	11,1

Während der ersten 8 Minuten nach Passirung des Striches durchlief das Blättchen also bei leerer Schale von 20° 9,2 Scalentheile, bei leerer erhitzter Schale (im Mittel beider Versuche) 11,25 Scalentheile, bei erhitzter Schale voll heissen Wassers (im Mittel beider Versuche) 11,0 Scalentheile. Die Anwesenheit des heissen stark verdampfenden Wassers in der Schale hat hiernach keinen nachweisbaren Einfluss auf die Zerstreung der Electricität. Es nehmen also die Wasserdämpfe, mögen sie von einer mehr oder weniger heissen, electricischen Wasserfläche aufsteigen, keine nachweisbaren Electricitätsmengen mit.

Dass die Electricitätszerstreung von der erhitzten Schale schneller stattfindet als von der kalten, hat seinen Grund offenbar in den durch die Temperaturdifferenz erzeugten Luftströmungen, worüber unten (9.) mehr.

8. Versuche mit Aether und mit Kältemischung. Der in die flache Schale gegossene Aether verdunstete so schnell, dass die Schale schon nach 9 Minuten fast

trocken ist. Dabei ist der Wärmeverbrauch so bedeutend, dass man unterhalb der Schale mit der Hand den kalten herabsinkenden Strom von Luft und Aetherdampf fühlen kann. Diese Bemerkung führte dazu, jedesmal unter möglichst gleichen Umständen Parallelversuche mit Aether und mit unter 0° abgekühltem Salzwasser, einer Kältemischung von Kochsalz und Schnee entstammend, anzustellen. Die hauptsächlichsten meiner Versuchsreihen theile ich nun mit. Am 8. October nachmittags stellte ich unmittelbar nacheinander zwei Versuche mit leerer Schale und zwei Versuche mit Kältemischung an, darauf nach einviertelstündiger Pause, während deren aber das Electroskop schwach geladen blieb, einen Versuch mit leerer Schale, einen mit Aether und wieder einen mit leerer Schale.

Zeit	Leere Schale	Leere Schale	Kältemisch.	Kältemisch.	Leere Schale	Aether	Leere Schale
0—2 Min.	6,4	6,65	7,1	7,8	7,7	9,0	8,0
2—4 „	5,9	6,0	7,3	7,1	7,1	8,0	7,4
4—6 „	5,5	5,4	6,6	6,8	6,7	7,2	7,1
6—8 „	5,4	5,55	5,5	6,2	6,5	6,8	6,5
0—8 Min.	23,2	23,6	26,5	27,9	28,0	31,0	29,0

Diese Versuche lehren, besonders bei Betrachtung der Zahlen der ersten Horizontalreihe, folgendes: Während die ersten beiden Versuchsreihen (mit leerer Schale) sehr gleichartigen Verlauf der Zerstreung zeigen, ist letztere bei Füllung der Schale mit sehr kaltem Wasser wesentlich beschleunigt; beim ersten Kälteversuch durchläuft das Blättchen binnen acht Minuten 2,9 Scalentheile mehr als beim vorhergehenden Leerschalenversuch. Durch die Versuche mit dem kalten Wasser scheint das Isolationsvermögen so verschlechtert zu sein, dass bei dem 15 Minuten später angestellten Leerschalenversuch die Zerstreung eben so gross ist wie bei dem zuletzt vorhergegangenen Versuch mit der Kältemischung. Aber bei dem nun folgenden Versuch mit Aether durchläuft das Blättchen doch binnen 8 Minuten noch 3,0 Scalentheile mehr. Die Beschleunigung der Zerstreung gegenüber dem vorhergehenden Leerschalenversuch hat also merklich gleichviel betragen, wenn

man die Schale mit sehr kaltem Wasser, oder wenn man sie mit Aether gefüllt hat. Beiläufig sei bemerkt, dass alle an diesem Nachmittage beobachteten Zerstreuungsgrößen bei weitem grösser waren, als ich sie je sonst beobachtet habe.

Die Versuche vom 14. October Vormittags ergaben:

Zeit	Leere Schale	Aether	Leere Schale
0-2 Minuten	2,4	3,0	2,7
2-4 „	2,6	2,5	2,3
4-6 „	2,15	2,55	2,5
6-8 „	2,0	2,1	2,2
0-8 Minuten	9,15	10,15	9,7

Vergleicht man das Mittel der beiden Leerschalenversuche mit dem Aetherversuch, so zeigt sich, dass in letzterem das Blättchen binnen 8 Minuten 0,73 Scalentheile mehr durchlaufen. Also lehrt auch diese Versuchsreihe eine freilich nur geringe Beschleunigung der Zerstreuung durch die Aetherfüllung der Schale.

Aus der grösseren Zahl von Versuchen vom 14. October nachmittags theile ich drei unmittelbar nacheinander angestellte mit, der erste mit leerer Schale, die beiden folgenden mit Aether; sodann fünf weitere, nach viertelstündiger Unterbrechung angestellte, theils mit leerer Schale, theils mit Kältemischung.

Zeit	Leere Schale	Aether	Aether	Leere Schale	Kältemisch.	Leere Schale	Kältemisch.	Leere Schale
0-2 Min.	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	4,0	4,5
2-4 „	3,4	3,6	3,3	3,2	3,2	3,2	3,8	3,4
4-6 „	3,3	3,4	3,4	3,1	3,0	3,1	3,4	3,4
6-8 „	3,3	3,2	3,1	3,3	3,0	3,1	3,1	3,3
0-8 Min.	13,7	13,9	13,5	13,3	12,9	13,0	14,3	14,6

Bildet man aus den Zahlen der beiden Aetherversuche das Mittel, so findet man es übereinstimmend mit dem Leerschalenversuch (13,7).

In diesem Falle war also gar kein Einfluss des Aethers erkennbar.

Auch der erste Kältemischungsversuch unterscheidet

sich nicht merklich von dem dicht vorher und dem dicht nachher angestellten Leerschalenversuch. Bei den letzten Versuchen nahm aber die Isolirung allmählich ab, vielleicht weil die Zimmertemperatur von 17,5 auf 16,7° gesunken war. Ich bilde daher das Mittel der letzten drei Leerschalenversuche und vergleiche es mit dem Mittel der beiden Kältemischungsversuche und finde:

Zeit	Leere Schale	Kältemischung	Differenz
0—2 Minuten	3,93	3,85	+ 0,08
2—4 „	3,27	3,50	— 0,23
4—6 „	3,20	3,20	± 0,00
6—8 „	3,23	3,05	+ 0,18
0—8 Minuten	13,63	13,60	+ 0,03

Hier ist also nicht der mindeste Einfluss der Kältemischung nachweisbar, gerade so wie vorher kein Einfluss des Aethers.

Als letzte sei die Versuchsreihe vom 15. October vormittags mitgetheilt. Nach dem Versuch mit Kältemischung fand eine viertelstündige Unterbrechung statt, während deren aber — wie immer in solchen Fällen — das Electroskop schwach geladen gehalten war. Die folgenden fünf Versuche schlossen sich dann unmittelbar an.

Zeit	Leere Schale	Kältemisch.	Leere Schale	Aether	Leere Schale	Aether	Leere Schale
0—2 Min.	1,9	2,5	1,85	2,0	2,5	2,0	2,0
2—4 „	1,9	1,95	1,35	1,95	1,9	1,9	1,9
4—6 „	1,6	1,75	1,7	1,7	1,7	1,8	1,85
6—8 „	1,6	1,5	1,4	1,5	1,6	1,45	1,4
0—8 Min.	7,0	7,7	6,3	7,15	7,7	7,15	7,15

Der Kältemischungsversuch lässt gegen den dicht Vorhergehenden Leerschalenversuch eine geringe Beschleunigung der Zerstreuung erkennen (0,7), besonders in den ersten Minuten; etwa ebenso gross ist die Beschleunigung beim ersten Aetherversuch gegenüber dem dicht vorhergegangenen Leerschalenversuch (0,85), wieder besonders in den ersten Minuten. Die folgenden Versuche freilich verrathen keinen nennenswerthen Einfluss des Aethers auf die Zerstreuung der Electricität; bildet man nämlich das Mittel der drei letz-

ten Leerschalenversuche und vergleicht es mit dem Mittel der beiden Aetherversuche, so findet man sie im wesentlichen übereinstimmend.

Zeit	Leere Schale	Aether	Differenz
0—2 Min.	2,12	2,00	+ 0,12
2—4 „	1,72	1,92	— 0,20
4—6 „	1,75	1,75	± 0,00
6—8 „	1,47	1,48	— 0,01
0—8 Min.	7,06	7,15	— 0,09

Ausser den mitgetheilten habe ich noch mehrere Versuche derselben Art gemacht, aber ohne wesentlich andere Ergebnisse.

Zusammenfassend kann ich sagen, dass sich die Aetherfüllung der Schale in manchen Fällen ohne nennenswerthen Einfluss auf die Electricitätszerstreuung gezeigt, in anderen Fällen aber eine Beschleunigung derselben bewirkt hat. Unter allen Umständen war aber das Verhalten der mit Kältemischung gefüllten Schale in den gleichzeitig angestellten Parallelversuchen mit dem Verhalten der Aetherschale übereinstimmend. Daraus geht hervor, dass jedenfalls nicht die Dämpfe als Träger der Electricität wirksam gewesen sind, sondern dass nur die infolge der Temperaturdifferenz eingetretenen Luftströmungen für die veränderte Electricitätszerstreuung verantwortlich gemacht werden können.

9. Einfluss der Luftbewegung auf die Electricitätszerstreuung. Schon in den nach Exner's Verfahren (§ 2, p. 928) ausgeführten Versuchen, und dann in den eben besprochenen mit Kältemischung (§ 8) und auch mit erhitzter Schale (§ 7, p. 935) hat sich sehr deutlich eine Beschleunigung der Electricitätszerstreuung durch stärkere Bewegung der Luft — wie sie durch Temperaturdifferenzen erzeugt wird — gezeigt. Dadurch ist dann auch die Zerstreubeschleunigung von der mit Aether gefüllten Schale ohne weiteres verständlich geworden. Ich hielt es aber doch für nöthig, diese Beschleunigung durch Bewegung der Luft auch noch direct nachzuweisen. Dazu wurde zwischen je zwei Mikroskopablesungen Luft mit einem Handblasebalg ziemlich stark gegen die Schale oder an ihr vorbei geblasen, wobei

sie einigermassen ins Schwanken gerieth. Ein solcher Versuch wurde z. B. am 14. October vormittags zwischen dem in § 6, p. 934 mitgetheilten Versuche mit Schale und dem folgenden ohne Schale eingeschaltet. Also ist er mit dem Mittel der obigen beiden Schalenversuche, deren erster dicht vor ihm, deren zweiter $\frac{1}{4}$ Stunde nach ihm angestellt wurde, direct zu vergleichen.

Zeit	Bewegte Luft	Stille Luft	Differenz
0—2 Minuten	3,4	2,70	0,70
2—4 „	2,8	2,42	0,38
4—6 „	3,1	2,40	0,70
6—8 „	2,8	2,20	0,60
0—8 Minuten	12,1	9,72	2,38

Hier zeigt sich also eine sehr wesentliche Beschleunigung der Zerstreuung durch das Blasen. Dasselbe Ergebniss fand ich noch öfter.

Später habe ich auch noch eine etwas geänderte Versuchsanordnung angewandt. Ich electricisirte nämlich die Schale und beobachtete die Electricitätszerstreuung, indem ich die Schale erst einige Minuten ruhig hängen liess, sie dann während einiger Minuten zwischen je zwei Ablesungen mit dem Blasebalg anblies, sie dann wieder einige Minuten ruhig hängen liess u. s. f. So erhielt ich am 3. Januar 1888 folgende Beobachtungsreihe, in der die dritte Spalte die vom Blättchen in je 2 Minuten durchlaufenen Strecken enthält.

Zeit	Strich	Strecke	Luftbewegung
11 ^h 25 ^m 0 ^{sec}	84,8		
27	83,9	0,9	} Schale ruhig
29	83,1	0,8	
31	82,2	0,9	
33	81,0	1,2	
35	80,1	0,9	} Schale angeblasen
37	78,9	1,2	
39	77,8	1,1	
41	76,9	0,9	
43	76,0	0,9	} Schale ruhig
45	75,0	1,0	
47	74,1	0,9	
49	72,8	1,3	} Schale angeblasen

In der ersten und zweiten Periode des ruhigen Hängens der Schale betrug hiernach die minutlich durchlaufene Strecke 0,43 und 0,46 Scalentheile, während in den beiden Blaseperioden minutlich 0,55, resp. 0,65 Scalentheile durchlaufen wurden.

Ich stellte noch einige ganz analoge Versuche, jedoch mit Weglassung der Schale an, sodass nur der Knopf des Horizontalarmes angeblasen wurde. So fand ich z. B. am 3. Januar 1883:

Zeit	Strich	Strecke	Luftbewegung
11h 59m 0sec	89,4		
12 1 0	88,3	1,1	Ohne Blasen
3	87,4	0,9	
5	86,5	0,9	
7	85,0	1,5	
9	83,7	1,3	Mit Blasen
11	83,0	0,7	
13	82,1	0,9	Ohne Blasen
15	81,4	0,7	
17	80,7	0,7	
19	79,7	1,0	
21	78,8	0,9	Mit Blasen
23	78,0	0,8	
25	77,1	0,9	Ohne Blasen
27	76,3	0,8	
29	75,7	0,6	
31	74,9	0,8	
33	73,9	1,0	
35	73,0	0,9	Mit Blasen

Also hat das Blättchen in den aufeinander folgenden Perioden ohne und mit Blasen minutlich folgende Strecken durchlaufen:

Ohne Blasen	0,48	0,38	0,39
Mit „	0,58	0,45	0,47.

Aus diesen Versuchen folgt, dass die Electricitätszerstreuung in bewegter Luft schneller geschieht, als in ruhiger, vermuthlich infolge der grösseren Anzahl der in gleichen Zeiten herangeführten Staubtheilchen, die sich an dem electrischen Körper laden. Jedenfalls ist nicht eine etwaige entgegengesetzte Electrisirung der durch den Blasebalg geschickten Luft als Ursache der schnelleren Zer-

streuung anzusehen; denn die Beschleunigung der Zerstreuung durch das Blasen liess sich ebensogut nachweisen, wenn die Schale (+), als wenn sie (-) geladen war.

Ich bin auf diesen Gegenstand etwas ausführlicher eingegangen, weil ältere Versuche von Matteucci¹⁾ das entgegengesetzte Resultat ergeben hatten, und weil letzteres — trotz seiner inneren Unwahrscheinlichkeit — Eingang in gute Werke über Electricität gefunden hat.²⁾ Ich kann auf Grund meiner mitgetheilten Versuche die Ergebnisse Matteucci's nur für falsch halten.

10. Die wesentlichsten Ergebnisse sind folgende:

1) Aus Hrn. Exner's Versuchen über den Uebergang der Electricität von einer mit Aether gefüllten Schale auf ein anderes Gefäss lässt sich kein Schluss auf die Mitnahme der Electricität durch die Aetherdämpfe ziehen.

2) Versuche über Zerstreuung der Electricität lassen keine Spur einer Mitnahme der E durch die Dämpfe von Wasser oder von Aether erkennen.

3) Beiläufig hat sich ergeben, dass Bewegung der Luft die Electricitätszerstreuung beschleunigt.

Nachdem also die den Blake'schen Ergebnissen scheinbar widersprechenden des Hrn. Exner als hinfällig erwiesen, und die Blake'schen Resultate durch meine gänzlich anders angeordneten Versuche über Zerstreuung vollständig bestätigt sind, darf man behaupten, dass eine Mitnahme der Electricität durch die Dämpfe einer electrisirten Flüssigkeit bisher durchaus nicht nachweisbar ist.

Zu Gunsten dieser Anschauung lässt sich schliesslich nur noch eine allgemeine Ueberlegung anführen, nämlich die: dass die Electricität eines frei schwebenden geladenen Tropfens beim gänzlichen Verdunsten desselben doch an das umgebende gasförmige Medium übergehen muss! Indessen scheint die

1) Matteucci, Ann. de chim. et de phys. (3) 28. p. 386. 1850.

2) E. Mascart, Handb. d. stat. Electr. Deutsch von Wallentin. 1. § 41. p. 101. Wien 1883. G. Wiedemann, Die Lehre v. d. Electr. 4. 2. Abth. p. 610 gibt das Resultat als „unsicher“ an.

Verwirklichung dieses gedachten Vorganges mit sehr grossen Schwierigkeiten verknüpft zu sein. Zwar erzeugt Hr Linss¹⁾ zu dem Zwecke mittelst eines isolirten, electrischen Zerstäubungsapparates eine Wolke kleiner geladener Tröpfchen. Alsdann zeigt ein Electrometer mittelst eines Flammencollectors noch $\frac{1}{4}$ Stunde später beträchtliche Ausschläge. Hieraus kann man aber keinen Schluss auf Electrisirung der Zimmerluft ziehen. Denn die electrisirten Tröpfchen können unmöglich reine Flüssigkeit bleiben, sondern sie müssen sofort Staubtheilchen an sich ziehen und, wegen der Benetzung letzterer, mit ihnen verbunden bleiben. Wenn sie dann verdunsten, lassen sie die Staubtheilchen geladen zurück. — In welcher Weise die Electricität eines völlig reinen Flüssigkeitstropfens bei seinem Verdunsten sich der umgebenden Luft mittheilen kann, darüber sind wir zur Zeit gänzlich in Unkenntniss.

Somit glaube ich vollständig bewiesen zu haben, dass eine Theorie der Luftphelectricität, welche die Mitnahme der Electricität durch die von der geladenen Erde aufsteigenden Wasserdämpfe zur Grundlage hat, bis jetzt jeder experimentellen Stütze entbehrt.

**XIII. Ueber die Volumenänderung von Gasen
beim Mischen; ein Beitrag zur Frage, ob der
Druck eines gesättigten Dampfes im Vacuum ein
anderer ist, als in einem Gase;
von Ferdinand Braun.**

(Hierzu Taf. VIII Fig. 4.)

1. Die Frage, ob die Spannung eines gesättigten Dampfes im luftleeren Raume die gleiche sei, wie in einem Gase, wird von denjenigen Physikern, welche sich mit dem Gegenstande experimentell beschäftigt haben, als noch nicht entschieden angesehen. Die thatsächlich eintretenden Aenderungen werden z. B. von Regnault auf secundäre Einflüsse zurück-

1) Linss, Meteorol. Zeitschr. October 1887. p. 356.