

## Werk

**Titel:** Über die spontane Ionisierung der Luft und anderer Gase

**Autor:** Geitel, H.

**Ort:** Braunschweig

**Jahr:** 1906

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110\\_0021](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021) | LOG\_0199

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

Es seien auf Fig. 2  $MM_1$  die Mittellinie zwischen den Augen  $L$  und  $R$ ,  $F_1$  der Endpunkt eines Fisches, dessen Mitte in  $M$  gedacht werde, so werden die Strahlen von  $F_1$  nach  $L$  und  $R$  den Weg über  $OL_1$  und  $OR_1$  nehmen, und das Bild des Punktes  $F_1$  wird in  $f$  erscheinen. Ist der Fisch ebenso lang wie der Augenabstand, so liegt sein Endpunkt in  $F_2$  und erscheint in  $f_2$ , ist er größer, so tritt Vergrößerung und Annäherung auf, wie es durch die Strahlen vom Punkte  $f_3$  veranschaulicht ist. Diese verschiedenen Fälle sind nur Beispiele des bekannten Satzes, daß die seitlichen Teile eines ausgedehnten Gegenstandes stärker genähert erschienen als die Mitte, so daß zum Beispiel ein gerader Gegenstand unter Wasser gegen den Beschauer konkav gekrümmt gesehen wird.

Der Fall  $F_1$  ist für die im obigen besprochene Frage deshalb interessant, weil hier eine Verkleinerung des gesehenen Gegenstandes eintritt. In Wirklichkeit sind jedoch die Größenunterschiede, die auf diese Weise zustande kommen, so klein, daß sie der Beobachtung entgehen.

### Über die spontane Ionisierung der Luft und anderer Gase.

Von Prof. H. Geitel (Wolfenbüttel).

(Vorgetragen in der Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft am 26. Januar 1906.)

(Schluß.)

#### III.

Die zweite Frage ist die nach dem Einflusse des Materials der Wände des Zerstreungsraumes und der Substanzen, die den Meßapparat selbst zusammensetzen.

Man hat, wie oben bemerkt, einen Unterschied zu machen zwischen induzierter und eigener Radioaktivität.

Die erstere kann bei Gegenwart radioaktiver Präparate auch bei großer Vorsicht und nur vorübergehender Berührung des Apparates mit der von ihnen entwickelten Emanation so hohe Beträge annehmen, daß die natürliche Ionisierung der Luft dadurch völlig verdeckt wird. Hierin liegt eben besonders die Unmöglichkeit begründet, zuverlässige Beobachtungen über Luftionisierung in Gebäuden anzustellen, in denen solche Präparate aufbewahrt werden.

Ja selbst der normale Gehalt der Atmosphäre an radioaktiver Emanation macht sich durch Erregung induzierter Aktivität, besonders in Souterrainräumen, unzweifelhaft bemerklich. Wir haben einen Versuch beschrieben, der dies deutlich erkennen läßt<sup>1)</sup>.

Eine Drahtnetzglocke wurde ringsherum mit dünner Aluminiumfolie belegt bis auf zwei zum Ablesen und Beleuchten des darunter aufgestellten Elektroskops freigelassene, mit Glasplatten belegte Öffnungen. Die Elektrizitätszerstreuung in dem von dieser Glocke und der Metallplatte, auf der das Elektroskop stand, begrenzten Raume war durch einen

Vorversuch bestimmt. Alsdann wurde der gesamte Apparat, in dem sonst alles ungeändert blieb, isoliert aufgestellt und mit dem negativen Pole einer Trockensäule von 200 bis 300 Volt Spannung verbunden. Schon nach Verlauf einer Stunde stieg die Ionisierung der Luft im Innern der Glocke über das Doppelte der normalen an, eine Folge der Strahlen, die von der auf dem Aluminium sich niederschlagenden aktiven Schicht nach innen drangen. Quantitativ wird das Ergebnis von der Dichtigkeit der radioaktiven Emanation in der Luft des Arbeitsraumes abhängig sein. Im allgemeinen lehrt der Versuch, daß die induzierte Aktivität an der Außenseite des Ionisierungsraumes für die Vorgänge in seinem Innern nicht gleichgültig ist. Ähnliche Erfahrungen hat auch Herr Campbell<sup>1)</sup> gemacht.

Diese Störungen durch induzierte Aktivität haben die Eigenschaft, allmählich je nach der Natur der die Infektion bewirkenden Emanation bis zu einem kleinen, aber hartnäckig festgehaltenen Restbetrage (in den meisten Fällen wohl von Radium  $F$  herrührend) abzunehmen, sie können durch Abschleifen oder Abätzen der Metalloberflächen entfernt werden.

Weit schwieriger festzustellen und seiner Natur nach zu erkennen ist der Einfluß einer etwaigen dauernden Radioaktivität der Materialien des verwandten Apparates.

Daß eine solche unter gewissen Bedingungen vorhanden ist, kann keinem Zweifel unterliegen. Die mehrfach erwähnte spontane Zunahme der Elektrizitätszerstreuung ist eben nicht anders zu deuten, als durch das Entweichen einer aktiven Emanation aus den Wänden in den Versuchsraum. Leider wird es schwierig sein, bei der Geringfügigkeit der Wirkung die Zeitkonstanten dieser Emanation und der durch sie induzierten Aktivität mit einiger Sicherheit für verschiedene Materialien festzustellen und dadurch zu entscheiden, ob sie den bekannten Radioelementen angehört oder etwa für das einzelne Material charakteristisch ist. Im ersten Falle hätte man es nur mit aktiven Verunreinigungen zu tun, im zweiten wäre der Nachweis erbracht, daß alle Materie radioaktiv ist. Bis jetzt scheint wenig Aussicht zu sein, auf diesem Wege zum Ziele zu kommen, es hat sich kein sicheres Anzeichen für die Existenz anderer aktiver Emanationen, als der schon bekannten, gefunden, entgegenstehende Behauptungen haben sich nicht bestätigt. Allerdings beweist dieser negative Befund, wie auch Herr Campbell<sup>2)</sup> hervorhebt, nichts gegen die Annahme einer allgemeinen Radioaktivität der Materie, gibt es doch ein zweifelloses radioaktives Element, das Uran, das keine Emanation entwickelt.

Kaum weniger schwierig als auf Grund einer etwaigen Entwicklung von Emanation läßt sich die Radioaktivität beliebiger Materialien direkt mittels des Einflusses unterscheiden, den ihre Gegenwart

<sup>1)</sup> Campbell, Phil. Mag. (6) 9, 540, 1905.

<sup>2)</sup> Derselbe, Jahrb. d. Radioaktivität und Elektromik 2, 441, 1906.

<sup>1)</sup> J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. 3, 305, 1902.

auf die Ionisierung der Luft durch unmittelbare Strahlung ausübt. Auch hierüber liegen Ergebnisse von Experimentaluntersuchungen vor, es sind besonders diejenigen von Cooke<sup>1)</sup>, Strutt<sup>2)</sup>, McLennan und Burton<sup>3)</sup>, Righi<sup>4)</sup>, Campbell<sup>5)</sup> und Wood<sup>6)</sup> zu nennen.

Gemeinsam diesen Arbeiten ist der Nachweis eines unzweideutigen Einflusses gereinigter Metalloberflächen auf die Zerstreung der Elektrizität in geschlossenen Behältern. Während Strutt in seinen ersten Untersuchungen bemerkt, daß beträchtliche Unterschiede nicht nur bei verschiedenen Metallen, sondern auch bei demselben Metall verschiedener Herkunft beständen, was auf Verunreinigungen durch radioaktive Substanzen hinweisen würde, wird in den neueren Arbeiten mit Entschiedenheit die spezifische Wirkung der einzelnen Metallarten als festgestellt betrachtet. Diese Tatsache, daß verschiedene Metalle die Luft in ihrer Nähe verschieden ionisieren, kann nun sowohl in ihrem eigentümlichen radioaktiven Strahlungsvermögen begründet liegen, als auch darin, daß sie von den allgemein verbreiteten durchdringenden Strahlen einen für jedes Metall charakteristischen Bruchteil in leicht absorbierbare, und daher kräftiger ionisierende Sekundärstrahlen verwandeln.

Hierüber eine Entscheidung herbeizuführen, hat sich Herr Wood mit bemerkenswertem Erfolge bemüht. Er stellte geschlossene Räume aus verschiedenen Materialien her und bestimmte in jedem den Betrag der Ionisierung der Luft. Umgab er nun jeden dieser Räume hinterher der Reihe nach mit demselben Mantel aus Blei (oder einem anderen Metalle), so verminderte sich infolge der Absorption eines Teiles der äußeren durchdringenden Strahlung die Ionisierung im Innern.

Derjenige Betrag der Ionisierung, der von einer Radioaktivität des Materials der Gefäßwände herührte, konnte durch den Bleimantel nicht vermindert werden, dagegen mußte dies der Fall sein für den von der äußeren Strahlung und den durch sie erregten Sekundärstrahlen herstammenden. Angenommen, es existiere überhaupt keine spezifische Radioaktivität der Wände des Behälters, so war nach Wood zu erwarten, daß das Einschalten des Bleimantels die Ionisierung in allen Gefäßen um denselben Bruchteil des ohne Bleimantel beobachteten Wertes herabsetzen würde, da die Energie der Sekundärstrahlen der der erregenden proportional bleiben müsse. Nun zeigt der Versuch, daß die Einschaltung des absorbierenden Schirmes die Ionisierung im Innern der verschiedenen Gefäße nicht in demselben Verhältnis verkleinerte, und Wood schließt

hieraus, daß neben der Sekundärstrahlung dem Material der Wände eine eigene Radioaktivität zukomme. Daß diese nicht von Verunreinigung durch Radium herrühren könne, wird nach Campbell durch die Wahrnehmung widerlegt, daß die von verschiedenen Metallen ausgehende ionisierende Wirkung eine für jedes Metall bestimmte Absorption in Aluminiumfolie erleidet.

Zu demselben Schlusse wie Wood, daß neben der Sekundärstrahlung des Metalles eine spezifische Eigenstrahlung besteht, gelangt Campbell<sup>1)</sup> durch die Untersuchung der Ionisierung in einem parallelepipedischen Kasten, dessen Grundflächen aus dem zu untersuchenden Material bestehen und dessen Volumen durch Parallelverschiebung der einen dieser Flächen geändert werden kann. Indem er nun die Ionisierung (den Sättigungsstrom) als Funktion der veränderlichen Kantenlänge darstellt, gelangt er zu charakteristischen Kurven, aus deren Zerlegung in zwei Komponenten hervorgeht, daß die Eigenstrahlung des Metalles aus leicht absorbierbaren  $\alpha$ -Strahlen und elektrisch neutralen, durchdringenden, also wahrscheinlich  $\gamma$ -Strahlen, besteht. Wiederum ergaben sich für jedes Metall stark verschiedene Beträge für den Anteil jeder der beiden Strahlenarten an dem Gesamtwerte der Ionisierung.

Durch diese schönen Versuche von Wood und Campbell ist sicher nachgewiesen, daß oberflächliche Verunreinigungen derselben Art (etwa durch Radium) nicht herangezogen werden können, um die Eigenstrahlung der Metalle zu erklären. Immerhin wäre es wünschenswert, noch einige Bedenken zu beseitigen. Kann eine Verunreinigung durch Radium, die nicht an der Oberfläche haftet, sondern durch die ganze Masse des Metalles verbreitet ist, nicht eine spezifische Strahlung vortäuschen, indem jedes Metall sowohl als Filter besonderer Art für die Radiumstrahlen wirkt, wie auch zu einer ihm eigentümlichen Sekundärstrahlung erregt wird? Muß man ferner die allgemein verbreitete durchdringende Strahlung nicht als inhomogen ansehen, so daß ihre Absorption innerhalb eines Bleimantels vielleicht keine gleichförmige sein würde? Im letzteren Falle wäre es wohl möglich, daß die Sekundärstrahlung der Metalle unter dem Einflusse jener Strahlen durch Einschaltung des Bleischirmes nicht proportional den letzteren geschwächt würde. Ein Vergleich mit der Fluoreszenz liegt nahe. Erregen wir die letztere an einer Reihe verschiedener Substanzen durch weißes Licht, so wird die Energie des Fluoreszenzlichtes bei Einschaltung eines farbigen Schirmes nicht für alle diese Substanzen in demselben Verhältnis wie die des erregenden Lichtes vermindert werden.

Jedenfalls verdienen diese Untersuchungen die größte Aufmerksamkeit, da die Frage, ob alle Materie sich als radioaktiv nachweisen läßt, im Lichte der

<sup>1)</sup> Cooke, l. c., p. 408.

<sup>2)</sup> Strutt, Phil. Mag. (6) 5, 680, 1905.

<sup>3)</sup> McLennan und Burton, l. c., p. 704 und Phil. Mag. (6) 6, 343, 1903.

<sup>4)</sup> Righi, Mem. Acc. Bologna (1) 6, 149, 1904.

<sup>5)</sup> Campbell, Phil. Mag. (6) 9, 531, 1905.

<sup>6)</sup> Wood, ebenda (6) 9, 550, 1905.

<sup>1)</sup> Campbell, Jahrb. der Radioaktivität und Elektronik 2, 434, 1906. (Diese Arbeit kam erst kurz vor dem Tage des Vortrages in die Hände des Verf.)

Umwandlungstheorie der Elemente von der höchsten Bedeutung ist.

Es blieb nun noch die Rolle zu erörtern, die das Gas für sich allein bei dem Vorgange der sogenannten spontanen Ionisierung spielt. Haben wir es mit Luft zu tun, die frisch aus der Atmosphäre entnommen ist, so bringt sie sicher eine gewisse Menge von aktiver Emanation in das Versuchsgefäß mit. Nach McLennan und Burton<sup>1)</sup> nimmt wirklich die Ionisierung frisch abgesperrter Luft zuerst schnell ab, indem die in ihr enthaltene Emanation abklingt, dann kann sie wieder ansteigen, wenn aus den einschließenden Wänden neue Emanation entwickelt wird.

Erhöht man die Dichtigkeit der Luft, so nimmt nach Patterson<sup>2)</sup> die Ionisierung im Intervall von 20 bis 300 mm Quecksilberdruck zunächst zu, bis sie bei weiterer Steigerung des Druckes nahe konstant bleibt. Dies Verhalten ließe sich scheinbar leicht mit der Existenz einer Strahlung von den Gefäßwänden aus in Einklang bringen: Indem die Strahlen in dem dichter werdenden Gase immer vollständiger aufgenommen werden, muß einmal der Fall eintreten, daß alle ihre Energie absorbiert wird; über diesen Zustand hinaus kann eine weitere Steigerung des Druckes keine vermehrte Ionenbildung mehr nach sich ziehen. Indessen ist es äußerst unwahrscheinlich, daß diese vollständige Absorption in dem genannten Versuche schon bei dieser niedrigen Druckstufe eingetreten gewesen ist, muß man doch nach Campbell annehmen, daß ein Teil der von den Metallen ausgesandten Strahlung ein großes Durchdringungsvermögen hat. In der Tat haben auch Jaffé<sup>3)</sup> und C. T. R. Wilson in demselben Intervall die Ionisierung der Luft als eine nahezu lineare Funktion des Druckes erhalten.

Beim Ersatz der Luft durch andere Gase ist im großen und ganzen die Ionisierung der Dichtigkeit proportional gefunden worden, so bestimmt Jaffé<sup>4)</sup> die Zerstreung in Nickelcarbonyl (Dichtigkeit 5,9, bezogen auf Luft) als 5,1 mal so groß als in Luft.

Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit dem Verhalten der Gase gegen die ionisierende Wirkung der Röntgenstrahlen.

Schließlich ist nach Patterson<sup>5)</sup> die Temperatur von keinem Einfluß auf den Ionengehalt der Luft in Metallgefäßen bis in die Nähe von 450°C, d. h. bis zu dem Punkte, bei dem die glühelektrischen Vorgänge einsetzen, die mit dem Austritt freier Elektronen aus den erhitzten Wänden im Zusammenhange stehen. Hiernach liegt keine experimentelle Stütze für die anfangs ausgesprochene Annahme vor, daß die normale Ionisierung der Luft, auch nur zum Teil, eine Temperaturfunktion sei, sie ist von der in der Glühhitze eintretenden beträchtlichen Leitfähig-

keit der Gase in der Nähe fester oder flüssiger Oberflächen ihrem Wesen nach verschieden.

Überblicken wir noch einmal die vorhergegangenen Ausführungen, so stellt sich uns die altbekannte Elektrizitätszerstreuung als eine Erscheinung von eigenartigem Interesse dar. Sie ist teilweise bedingt durch radioaktive Vorgänge, die ihren Sitz in der Erde, den Materialien der Gebäude und Apparate und in der Atmosphäre haben und die ihrerseits zu gewissem Teile auf die allgemeine Verbreitung der eigentlichen Radioelemente zurückkommen. Daneben sind aber auch Strahlungen beteiligt, die von anderen, bis jetzt nicht den Radioelementen beigezählten Substanzen ausgehen. Es sind schwerwiegende Gründe dafür vorhanden, auch diese Strahlen mit den ersteren als wesensgleich zu betrachten, d. h. auch anderen Elementen als dem Uran, Radium, Thorium und Actinium und deren Abkömmlingen eine eigentliche Radioaktivität, eine aus der Atomenergie stammende Strahlungsfähigkeit, zuzuschreiben.

Trotzdem würde es noch voreilig sein, schon jetzt die spontane Ionisierung der Gase ohne Vorbehalt vollständig in das Gebiet der Radioaktivität zu verweisen. Wir sind in der Tat noch nicht sicher, ob nicht ionisierende Strahlen mit hineinspielen können, die anderen als radioaktiven Ursprungs sind. Man kann hierbei an die jüngsten Versuche von J. J. Thomson<sup>1)</sup> denken, nach denen die Alkalimetalle nicht nur im Lichte, wie bekannt, sondern auch im Dunkeln Kathodenstrahlen aussenden, und zwar sowohl im festen Zustande bei gewöhnlicher Temperatur, wie auch als Dämpfe. Diese Substanzen sind nicht im eigentlichen Sinne radioaktiv, ihre Strahlung haftet nicht am Atom, Alkalisalze sind durchaus unwirksam. Es soll nicht behauptet werden, daß Strahlen dieser von J. J. Thomson entdeckten Art von beliebigen Materialien in merkbarer Menge ausgehen, es genügt, darauf hinzuweisen, daß auf dem Gebiete der Eigenstrahlung der Materie noch immen neue Erscheinungen aufgefunden werden<sup>2)</sup>.

Freilich sind die experimentellen Schwierigkeiten der hier behandelten Untersuchungen recht groß, sie mehren sich täglich noch durch die zunehmende Verbreitung von Radiumpräparaten in den physikalischen Instituten. Man müßte solche Arbeiten in radiumfreien Räumen, einer Art physikalischer Isolierhäuser gegen Radiuminfektion, unter sorgfältiger Überwachung aller verwandten Materialien und stetiger Berücksichtigung der natürlichen Radioaktivität der Erde und der Atmosphäre ausführen.

<sup>1)</sup> J. J. Thomson, Phil. Mag. (6) 10, 584, 1905.

<sup>2)</sup> Auch die kürzlich von F. Streintz (Phys. Zeitschr. 6, 764, 1905) beschriebenen Versuche, nach denen elektropositive Metalle Strahlen aussenden, die die Luft ionisieren und auf die photographische Platte wirken, wären in Betracht zu ziehen.

<sup>1)</sup> l. c., p. 703.

<sup>2)</sup> Patterson, Phil Mag. (6) 6, 237, 1903.

<sup>3)</sup> Jaffé, l. c., S. 564.

<sup>4)</sup> l. c., p. 565.

<sup>5)</sup> l. c., p. 235.