

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 | LOG_0188

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

10. Mai 1906.

Nr. 19.

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.)

(Fortsetzung.)

II.

Mit dem Nachweise der ständigen Ionisierung sowohl der freien Luft der Atmosphäre wie auch begrenzter Volumina von Luft und anderen Gasen — denn in diesen ist die Erscheinung qualitativ dieselbe —, stehen wir vor einer Frage, die bis jetzt noch nicht als völlig ausreichend beantwortet gelten kann; es ist die nach der Ursache und dem etwaigen Zusammenhange dieser Eigenschaft mit den physikalischen Bedingungen, denen das Gas unterworfen ist.

Man könnte in der normalen Ionisierung ein dem gasförmigen Zustande bei gewöhnlicher Temperatur zukommendes Merkmal sehen, das von ihm nicht zu trennen ist, etwa in der Art, daß die verborgene Bewegung, die man nach der kinetischen Theorie in dem Gase annimmt, auf irgend eine Weise die Abspaltung von Ionen aus den neutralen Molekülen bewirke, wobei vielleicht auch der Kontakt mit den einschließenden Wänden von Einfluß sein könnte. In bester Weise würde mit dieser Vorstellung übereinstimmen, daß in der Glühhitze die Leitfähigkeit aller Gase zu sehr merklichen Beträgen ansteigt.

Andererseits kann man an ionisierende Strahlungen denken, die von den Wänden oder der fernerer Umgebung oder schließlich aus dem Gase selbst stammen. Von vornherein lag diese letztere Gedankenreihe, die die Selbstionisierung der Gase mit der Radioaktivität in Verbindung bringt, keineswegs nahe, da die Radioelemente zu der Zeit, als die spontane Ionisierung der Luft gefunden wurde, als ungemein spärlich in der Natur verbreitet angesehen werden mußten, so daß ihr Anteil an einer anscheinend allgemeinen Eigenschaft gasförmiger Körper kaum denkbar erschien.

Wie es gekommen ist, daß der Gedanke an die Einwirkung von Strahlungen trotzdem die größere Wahrscheinlichkeit — ja man darf sagen Gewißheit — für sich gewonnen hat, dies zu verfolgen, wird vielleicht einiges Interesse gewähren.

Auf diesen Weg leitete eine Bemerkung, die sich bei den ersten Versuchen über Elektrizitätszerstreuung

in geschlossenen Räumen aufgedrängt hatte. Die Ionisierung der Luft wuchs im Laufe der Zeit langsam bis zu einem Grenzwerte an¹⁾. Die Erscheinung zeigte sich gleichmäßig an gewöhnlicher, wie an sorgfältig staubfrei gemachter Luft, so daß sie nicht etwa auf die allmähliche Selbstreinigung der Luft vom Staube und die dadurch bedingte größere Beweglichkeit der Ionen zurückgeführt werden durfte²⁾. Sie erinnerte in ihrem ganzen Bilde lebhaft an die Wirkung radioaktiver Emanationen; wie diese sich aus ihrer Muttersubstanz entwickeln und die Wände des Versuchsraumes mit sogenannter induzierter Aktivität bekleiden, die ihrerseits eine neue Quelle von Strahlung und daher auch der Ionisierung wird, so schien in der abgeschlossenen Luft ebenfalls eine Emanation sich zu verbreiten, die die Leitfähigkeit bis zu einem Maximum steigerte. Letzteres ist offenbar erreicht, wenn die radioaktiven Umwandlungsprodukte der Emanation in gleichem Maße verschwinden, wie sie sich neu bilden.

Diese soeben geschilderte Zunahme der Selbstionisierung abgeschlossener Luftmassen ist von vielen Beobachtern wieder gefunden, andere haben sie nicht erhalten. Jetzt, nachdem man erkannt hat, daß sie wirklich radioaktiven Ursprunges ist, kann diese Verschiedenheit der Ergebnisse nicht mehr befremden, nicht alle Materialien geben eben solche Emanation aus. Am leichtesten ist die Erscheinung wohl in Glasrezipienten bemerkbar, in Metallgefäßen, z. B. solchen aus Zinkblech, haben wir sie auch nicht erhalten³⁾.

Lassen wir diese später gewonnene Einsicht vor der Hand beiseite und beschränken uns auf die Tatsache selbst, so war festgestellt, daß gestandene Luft besser leitet als frisch aus der Atmosphäre entnommene. War diese Beobachtung allgemein richtig, so mußte solche Luft, die etwa in Höhlen oder unterirdischen Räumen von konstanter Temperatur lange Zeit stagniert hatte, von vornherein das Maximum der Ionisierung zeigen. Die Probe fiel im Sinne der Erwartung aus, führte aber auf Beträge der Ionisie-

¹⁾ H. Geitel, Phys. Zeitschr. 2, 116, 1900.

²⁾ J. Elster und H. Geitel, Ebenda 2, 590, 1901.

³⁾ Zusatz: Bei dieser Erscheinung ist die Gefahr einer Täuschung durch eine radioaktive Infektion des Versuchsraumes (vgl. weiter unten) besonders groß. Vielleicht rührt daher die große Verschiedenheit der von den einzelnen Beobachtern gemachten Erfahrungen.

rung, die weit höher waren, als die in geschlossenen Rezipienten künstlich erhaltenen¹⁾.

Die infolgedessen vorgenommene Prüfung der Luft der Höhlen und Keller auf etwa vorhandene radioaktive Emanation nach der Rutherford'schen Methode, nämlich durch Herstellung induzierter Aktivität auf negativ geladenen Drähten, gab nun ein so unzweideutiges positives Resultat, daß es erfolversprechend schien, geradezu nach radioaktiven Stoffen, als den Quellen dieser Emanation, in den Wänden jener Räume zu suchen.

Wir hatten mit diesen Nachforschungen zunächst kein Glück, da wir uns auf Untersuchungen von Fels- und Steinmaterial beschränkten. Erst in der Folge fanden wir, daß die in den Poren des Erdbereichs überall eingeschlossene Luft besonders emanationshaltig ist²⁾, und daß sie, indem sie in die Höhlen und Keller sowohl wie in die freie Atmosphäre hineindiffundiert, diese überall mit radioaktiver Emanation erfüllt³⁾.

Es war nicht schwierig, in den am häufigsten vorkommenden Erdarten, besonders den tonhaltigen, als Ursache ihrer Emanationsentwicklung eine primäre Aktivität festzustellen⁴⁾, die chemisch den Reaktionen des Radiums folgte. Hiermit stand in Übereinstimmung, daß die Emanation der Höhlen und der freien Atmosphäre, sowie die durch sie erregte induzierte Aktivität ebenfalls die Zeitkonstanten der entsprechenden Produkte des Radiums zeigten.

Es ist sehr merkwürdig, wie allgemein verbreitet hiernach diese minimalen Spuren des Radiums auf der Erde sind. Nicht leicht gelingt es, eine Erdart oder eine aus dem Boden entnommene Luft- oder Wasserprobe⁵⁾ zu finden, die, mittels der Methode der Elektrizitätszerstreuung geprüft, sich nicht als schwach radioaktiv (und zwar vom Radium her) erwiese.

Auch die anderen beiden Radioelemente, die eine Emanation geben, das Thorium und Actinium⁶⁾, scheinen in manchen der gewöhnlichen Erdarten vorzukommen. Bei dem Thorium ist indessen ein gewisser Vorbehalt zu machen; nachgewiesen ist die Existenz eines emanierenden Stoffes im Erdboden, dessen Emanation mit der von Thorpräparaten, soviel man bis jetzt weiß, identisch ist, dagegen ist keineswegs sicher oder auch nur wahrscheinlich, daß dieser Stoff chemisch mit dem Thorium übereinstimmt.

¹⁾ J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. 2, 560, 1901.

²⁾ Ebenda 2, 574, 1901.

³⁾ Ebenda 2, 590, 1901 und 3, 76, 1901.

⁴⁾ Ebenda 4, 322, 1903.

⁵⁾ Sella e Pochettino, Rend. Acc. dei Lincei (5) 11 [1], 527, 1902. J. J. Thomson, Phil. Mag. (6) 4, 352, 1902. Himstedt, Ber. d. Naturf. Ges. in Freiburg 13, 101, 1903 und 14, 181, 1903. Adams, Phil. Mag. (6) 6, 563, 1903. Bumstead and Weheler, Amer. Journ. of Science (4) 17, 98, 1904. v. Trautenberg, Phys. Zeitschr. 5, 130, 1904 u. a.

⁶⁾ Bumstead, Amer. Journ. of Science (4) 18, 1, 1904. Giesel, Chem. Ber. 38, 132, 1905. Burbank, Phys. Zeitschr. 6, 436, 1905.

Sowohl das Vorkommen radioaktiver Emanation im Erdboden wie in der Atmosphäre ist seither vielfach und an den verschiedensten Orten auf der Erde bestätigt worden.

Von den genannten Emanationen ist die des Radiums, die in etwa $3\frac{1}{2}$ Tagen auf den Halbwert ihrer Strahlungsfähigkeit sinkt, die dauerhafteste und daher auch die überall verbreitete, die des Actiniums und Thoriums, deren entsprechende Zeitkonstanten nur wenige Sekunden betragen, sind dagegen nur in unmittelbarer Nähe des Erdbodens und in der Bodenluft selbst nachweisbar.

Scharf zu unterscheiden von den Emanationen selbst sind die aus ihnen hervorgehenden Umwandlungsprodukte, durch welche die sogenannten induzierten Aktivitäten hervorgerufen werden. Am besten bekannt sind diese beim Radium, dessen induzierte Aktivität anfangs in etwa 30' auf die Hälfte ihrer Wirksamkeit herabsinkt, indem der aus der Emanation sich bildende Körper (Radium A) der Reihe nach die von Rutherford mit den Buchstaben B, C, D, E, F bezeichneten Wandlungen durchmacht, von denen das wahrscheinlich dem Polonium entsprechende Stadium F eine sehr beträchtliche, nach Jahrzehnten zählende mittlere Lebensdauer hat. Beim Thorium ist der unmittelbar aus der Emanation hervorgehende Körper schon ziemlich langlebig, er braucht etwa elf Stunden, um die Hälfte seiner Strahlungsintensität einzubüßen.

Es wird jetzt zweckmäßig sein, die Folgerungen aus dieser allgemeinen Verbreitung radioaktiver Stoffe in der Erde, sowie ihrer Emanationen und deren Nachprodukten in der Atmosphäre und auf den mit ihr in Berührung stehenden Oberflächen sich zu vergegenwärtigen; zunächst allerdings in rein qualitativer Weise.

Ohne Zweifel werden von der Erde, abgesehen von den mit Wasser bedeckten Flächen, die drei verschiedenen Typen (α , β , γ) der Strahlen der genannten primär aktiven Elemente ausgehen; durch deren Absorption in der Luft wird eine gewisse Ionenmenge pro Zeit und Volumeinheit erzeugt werden. In gleicher Weise gilt dies von den Emanationen derselben Stoffe, die der Atmosphäre beigemengt sind, und — je nach ihrer Strahlungsfähigkeit — auch von den übrigen veränderlichen Produkten, mit denen sich alle Körper durch bloßen Kontakt mit der Atmosphäre überkleiden. Auch die Baustoffe unserer Häuser und der physikalischen Instrumente, die wir zu den Untersuchungen der Elektrizitätszerstreuung benutzen, können merkliche Spuren dieser radioaktiven Elemente enthalten, die sie von der natürlichen Lagerstätte der Rohmaterialien mitbringen, aus denen sie hergestellt sind.

Man behauptet daher nicht zu viel, wenn man aussagt, daß wir in eine unausgesetzt tätige Strahlung eingetaucht sind, der wir nicht entgehen können.

Die Frage dagegen, auf die hier für uns alles ankommt, ist die, ob der Vorgang der Elektrizitätszerstreuung sich ohne Rest oder wenigstens zu einem

merklichen Anteile auf solche Strahlungen quantitativ zurückführen läßt.

Daß die Ionisierung der Luft in Höhlen ihrem Emanationsgehalt proportional ist, haben neuerdings wieder direkte Beobachtungen von Herrn Zölss¹⁾ zu Kremsmünster gezeigt, ja, Herr Maché²⁾ in Wien ist sogar geneigt, auf Grund einer Schätzung der von der Erdoberfläche abgegebenen Emanationsmenge auch den Ionengehalt der freien Atmosphäre als im wesentlichen durch jene radioaktive Emanation bedingt zu betrachten.

Auf die Ionisierung der Luft in abgeschlossenen Gefäßen ist aber eine solche Schätzung natürlich nicht anwendbar, dagegen ist man hier imstande, die etwa in Frage kommenden Strahlungen nach ihrer Herkunft durch besondere Versuchsanordnungen mehr oder weniger von einander zu trennen.

Man hat dabei offenbar folgendes Schema aufzustellen. Die ionisierenden Strahlen können stammen:

1. Aus der weiteren Umgebung des Versuchsgefäßes, also etwa von der Erdoberfläche, der Luft und den Wänden des Gebäudes, in dem wir die Beobachtungen machen.

2. Aus dem Material des Apparates selbst, mit dem wir die Ionisierung der Luft bestimmen, z. B. dem einschließenden Gefäße, das entweder primär aktiv sein oder unter dem Einflusse der atmosphärischen Emanation induziert aktiv geworden sein kann. Im ersteren Falle kann die primäre Aktivität auf einem Gehalt an Radium, Thorium oder Actinium, d. h. allgemein auf der Gegenwart eines eigentlich radioaktiven Elementes beruhen oder aber eine charakteristische Eigenschaft der betreffenden Substanz sein. Hier spielt, wie man sieht, die hochinteressante Frage hinein, ob alle Materie an sich radioaktiv ist.

3. Es können Sekundärstrahlen wirksam sein, die an dem Material des Apparates durch die unter 1. bezeichnete Strahlung erregt werden, ähnlich wie solche auch durch Röntgenstrahlen vorzugsweise an den Grenzflächen verschiedener Medien entstehen. Diese Erscheinung hat mit der induzierten Aktivität nichts zu tun, sie beginnt und verschwindet zugleich mit den erregenden Strahlen.

4. Es ist in Betracht zu ziehen, ob das zu dem Versuche dienende Gas nicht vielleicht schon mit aktiver Emanation behaftet in den Apparat hineingebracht ist oder überhaupt die Fähigkeit besitzt, ionisierende Strahlen aus sich zu erzeugen.

Die erste Frage, ob eine allgemein durchdringende, von außen kommende Strahlung nachweisbar sei, ist zuerst von den Herren Cooke³⁾, Mc Lennan und Burton⁴⁾ in Angriff genommen. Es ergab sich ein positives Resultat in der Weise, daß die Elektrizitätszerstreuung in einem für sich vollständig geschlossenen Metallgefäße vermindert wurde (um 25 bis

17,5 Proz.), indem man dies mit einem Mantel aus Blei umgab oder es in einen großen Wasserbehälter eintauchte. Vermehrt wurde die Zerstreuung durch Umbauen des Gefäßes mit Ziegelsteinen. Dagegen fand C. T. R. Wilson¹⁾ die Ionisierung der Luft in einem hermetisch geschlossenen Elektroskope nicht geändert, mochte er dies in einem Eisenbahntunnel oder frei an der Erdoberfläche aufstellen.

Die erstgenannten Versuche sprechen für eine durchdringende Strahlung an der Erdoberfläche, die durch Blei oder Wasser zum Teil absorbierbar ist. Gebrannter Ton würde nach der an zweiter Stelle genannten Beobachtung solche durchdringenden Strahlen selbst aussenden, ein Gedanke, der nicht gerade unwahrscheinlich ist, wenn wir die verhältnismäßig kräftige Aktivität der natürlichen Tonarten beachten. Das negative Resultat Wilsons kann in diesem Zusammenhange vielleicht dahin gedeutet werden, daß das Erdreich der Tunnelwand etwa den gleichen Betrag jener allgemein verbreiteten Substanz absorbierte, den es selbst aussandte.

Versuche mit Bleischirmen, die oberhalb, unterhalb oder seitlich von dem Versuchsgefäße eingeschaltet wurden, ergaben eine im gleichen Maße verminderte Zerstreuung im Innern; ein sehr befremdliches Ergebnis, da es besagen würde, daß die allgemeine Strahlung keine bestimmte Richtung im Raume hat. Alle diese Versuche haben indessen nur dann zwingende Beweiskraft, wenn man durchaus sicher sein kann, daß radioaktive Präparate weder in den Arbeitsräumen, noch in der Nähe der benutzten Apparate auch nur zeitweise gewesen sind²⁾. In den ersten Veröffentlichungen dieser Art (abgesehen von der von Cooke) wird die Möglichkeit einer solchen Fehlerquelle nicht besonders als ausgeschlossen bezeichnet. Einigen Verdacht erregt in dieser Beziehung eine im Cavendish Laboratory in Cambridge ausgeführte Arbeit von Jaffé³⁾. In zwei Gefäßen, das eine aus innen versilbertem Glase, das andere aus Messing, wurde zugleich die Elektrizitätszerstreuung viele Tage hindurch beobachtet. Sie zeigte zuweilen auffallende Schwankungen. Standen die beiden Apparate dicht nebeneinander, so war der Gang der Schwankungen derselbe, während er verschieden war, sobald sie in getrennten Räumen aufgestellt wurden. Diese Beobachtung spricht dafür, daß Störungen durch radioaktive Emanation trotz aller Vorsicht im Spiele waren. Nach unseren Erfahrungen haben sich spontane Änderungen der Ionisierung eingeschlossener Luft bei unveränderter Aufstellung des Apparates (abgesehen von der schon erwähnten regelmäßigen Zunahme in Glasgefäßen) nicht nachweisen lassen.

Wir haben im letzten Jahre ebenfalls Versuche angestellt, um die Frage jener allgegenwärtigen Strahlung aufzuklären. Dabei gingen wir von der Wahrnehmung aus, daß gewisse reine Mineralien,

¹⁾ Zölss, Wien. Ber. 114 (2a), 189, 1905.

²⁾ Maché, ebenda 114 (2a), 1377, 1905.

³⁾ Cooke, Phil. Mag. (6) 6, 403, 1903.

⁴⁾ Mc. Lennan und Burton, ebenda (6) 5, 707, 1903.

¹⁾ C. T. R. Wilson, Proc. Roy. Soc. 68, 151, 1903.

²⁾ Vgl. auch darüber Eve, Nature 71, 460, 1905.

³⁾ Jaffé, Phil. Mag. (6) 8, 556, 1904.