

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXXIII. Jahrgang 1903.

München.

Verlag der K. Akademie.

1904.

In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Über Methoden zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der atmosphärischen Luft an der Erdoberfläche sowie ihres Gehalts an radioaktiver Emanation und die nächsten Ziele dieser Untersuchungen.

Von **J. Elster** und **H. Geitel**.

Die folgende Zusammenstellung über Ziele und Methoden der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft und ihres Gehalts an radioaktiver Emanation soll dem Zwecke dienen, Beobachtungen dieser Art zu erleichtern, sie vor gewissen Fehlern zu schützen und sie in bestimmte Richtungen zu leiten.

Wenngleich es sehr wünschenswert ist, dass solche Arbeiten, wie es ja in dem letzten Jahre reichlich der Fall war, durch das von dem Gegenstande selbst erregte Interesse und die Erwartung weiterer Aufschlüsse auch ferner eifrige Pflege finden mögen, so können wir doch den Zweifel nicht unterdrücken, ob die Zeit für ein systematisches, etwa von einer Zentralstelle angeordnetes Zusammenwirken schon jetzt gekommen ist. Das Gebiet ist noch zu neu und der Wechsel der Vorstellungen in kurzen Zeiträumen noch so tiefgreifend, dass sich Vorschriften spezieller Art über das, was etwa in bestimmten Terminstunden täglich zu beobachten wäre, nicht aufstellen lassen. Es muss, im Gegensatze zu andern meteorologischen und zu den magnetischen Bestimmungen das Wesentliche der Initiative des Beobachters, der selbständigen Kritik des von ihm ermittelten Befundes überlassen werden. Dazu kommt die Unvollkommenheit der bis jetzt ausgearbeiteten Methoden, die, obgleich nach der quantitativen Seite zur Zeit völlig ausreichend, mehrfach noch

eine gewisse Unklarheit in betreff der Bedeutung der gemessenen Grössen bestehen lassen.

Wenn es uns erlaubt ist, so möchten wir desshalb der Überzeugung Ausdruck geben, dass es für die Sache uns am förderlichsten scheint, wenn die kartellierten Akademien mit ihrer Autorität die Beteiligung an den betreffenden Arbeiten anregten, wo irgend geeignete Persönlichkeiten und Institute vorhanden sind, dabei aber von der Aufstellung und Empfehlung spezieller Arbeitspläne vor der Hand noch absehen.

I.

Über die Bestimmung der Leitfähigkeit der Luft in der Nähe der Erdoberfläche.

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben ergeben, dass die Leitfähigkeit der natürlichen Luft an der Erdoberfläche, als proportional der Anzahl der freien Ionen in der Volumeneinheit und ihrer Beweglichkeit gedacht, durch gewisse klimatische und meteorologische Zustände der Atmosphäre beeinflusst wird. Diese sind zum Teil derart, dass sie von einem an einen bestimmten Ort gebundenen Beobachter nicht sämtlich und ihrem ganzen Umfange nach in Betracht gezogen werden können, es darf daher ein Zusammenwirken von Beobachtern verschiedener Länder bei diesen Untersuchungen als zweckmässig bezeichnet werden.

Es sind drei spezielle Tatsachen zu nennen, die abgesehen von der Frage nach dem Einfluss der allgemeinen meteorologischen Verhältnisse dadurch voraussichtlich geklärt werden würden.

1. Die erhöhte Leitfähigkeit der Luft im Hochgebirge und den Polargegenden.
2. Dieselbe Eigenschaft der Luft auch in niederen Niveaux beim Eintreten von Fallwinden.
3. Die Ionisierung der Luft durch die aus dem Erdboden

dringende radioaktive Emanation, deren Einfluss je nach der Bodenbeschaffenheit verschieden ist und die daher an verschiedenen Orten in ungleicher Weise zu der beobachteten Leitfähigkeit der Luft beitragen muss.

Wird anerkannt, dass solche „Zerstreuungsmessungen“ an geographisch weit entfernten Orten wünschenswert sind, so ist die nächste Frage die nach der zweckmässigsten Methode.

Das ideale Ziel würde die Messung des Elektrizitätsverlusts in der Zeiteinheit von einem frei in der Atmosphäre aufgestellten isolierten Leiter sein, ausser dessen eigenem elektrischen Felde kein anderes in seiner Umgebung vorhanden ist. Der Verwirklichung dieses Ideals stellen sich Schwierigkeiten entgegen, die bis jetzt noch nicht überwunden sind. Die wesentlichste, ja die einzig ernste liegt in der Existenz des natürlichen elektrischen Feldes über der Erdoberfläche. Es beeinflusst die Angaben des Messinstruments, das den elektrischen Zustand des Versuchskörpers bestimmen soll teils direkt, teils aber durch Veränderung des Potentials jenes Körpers, es bewirkt ferner polare Verschiedenheiten in der Ionenbewegung, die sich durch ungleiche Verluste für positive und negative Ladungen verraten. Ein Schutz gegen dieses störende Feld ist dadurch möglich, dass man den Versuchskörper mit einer zur Erde abgeleiteten Hülle, dem Schutzdache, umgiebt. Bei dieser Abänderung ist er aber nicht mehr „frei“ aufgestellt; die von ihm ausgehenden Kraftlinien, anstatt an Ionen der umgebenen Luft zu endigen und diese zu dem Versuchskörper heranzuziehen, haften jetzt z. T. an den durch Influenz auf der Hülle angesammelten Elektrizitätsmengen und bleiben daher wirkungslos. Während für den frei aufgestellten Körper das Coulombsche (Exponential-) Gesetz des Elektrizitätsverlustes gilt,¹⁾ wird bei der Einführung des Schutzdaches die Beziehung zwischen neutralisierter Elektrizitätsmenge und der zugehörigen Zeit verwickelter; sie nähert sich der für geschlossene Räume gültigen, in denen beim Ein-

¹⁾ Vgl. H. Ebert, Terr. Magnetism. and Atm. Electricity. Bd. 6. p. 97. 1901.

tritt des Sättigungsstromes in gleichen Zeiten gleiche Elektrizitätsmengen durch die Ionenbewegung ausgeglichen werden.

Durch Vergrößerung des Raumes unter dem Schutzdach würde man die Annäherung an das Coulombsche Gesetz vollkommener machen können; doch sind hier bald praktische Grenzen durch die Rücksicht auf die Handlichkeit und Stabilität des Apparats erreicht. Auch der Ersatz des Schutzdaches durch ein Netzwerk von Drähten ist nicht zu empfehlen. Zwar würde dadurch eine gewisse Ähnlichkeit mit der freien Aufstellung bei gleichzeitigem Schutz vor äusseren elektrischen Kräften erreicht werden, aber in dem elektrischen Felde der Erde würde das Drahtnetz wie ein Fangkäfig für Ionen der einen Art wirken, indem es sich mit Influenzelektrizität bedeckt und die zu seiner Oberflächenladung ungleichnamigen Ionen der Luft gegen sich beschleunigt. Daher geben solche Drahtnetze zu noch stärkeren polaren Verschiedenheiten der Zerstreuungskoeffizienten Anlass, als man sie schon bei Apparaten mit zusammenhängendem Schutzdache beobachtet, sie täuschen das Überwiegen einer Jonenart in der Luft vor, das in Wirklichkeit gar nicht besteht.

Man könnte, um aus diesen Schwierigkeiten herauszukommen, nach dem Vorschlage von Herrn H. Ebert sich allein auf die Beobachtung der Elektrizitätszerstreuung im Innern eines Metallrohrs beschränken, durch das ein gemessenes Luftquantum in gemessener Zeit gesaugt wird. So vorzüglich diese Methode ist, um die äusseren elektrischen Kräfte unschädlich zu machen, so darf man doch nicht vergessen, dass man auf diesem Wege nicht dieselbe Grösse bestimmt, wie durch den Elektrizitätsverlust eines frei aufgestellten Versuchskörpers. Neben der Ionenzahl pro Volumeinheit ist auch ihre Beweglichkeit im letzteren Falle von ausschlaggebender Bedeutung. Diese beiden Faktoren werden bei Anwendung eines frei exponierten „Zerstreuungskörpers“ nicht von einander getrennt, saugt man dagegen die Luft gegen den Zerstreuungskörper heran, so werden besonders auch die trägeren Ionen mit ihm in Kontakt kommen, die durch den Antrieb seines eigenen

Feldes ihn in der gleichen Zeit überhaupt nicht erreicht haben würden. Der Ebertsche Apparat reagiert demnach mehr wie ein in ruhender Luft frei aufgestellter Leiter auf die mit grösserer Masse beschwerten „Molionen“, er verwischt den Unterschied der Beweglichkeit der Ionen, giebt dagegen ein Mass für ihre Anzahl in der Volumeinheit. Die Beobachtungen des Elektrizitätsverlustes nach den beiden Methoden können sich daher nicht gegenseitig ersetzen, die eine Methode ist vielmehr als eine Ergänzung der andern zu betrachten.

Zu jedem zu Zerstreuungsmessungen dienenden Apparate gehört ausser dem Körper, der durch die Berührung mit den Ionen der Luft entladen wird, ein Elektrometer zur Messung seines Potentialniveaus. Da es sich um Bestimmung von Elektrizitätsmengen handelt, so müssen die Kapazitäten beider Bestandteile bekannt sein.¹⁾ Zweckmässig ist, dass die Kapazität des Elektrometers möglichst klein ist gegenüber der des Zerstreuungskörpers, weil hierdurch die Empfindlichkeit des Apparates vergrössert wird; um Aenderungen der Kapazität auszuschliessen, sind sämtliche beweglichen Teile des Instruments, soweit sie auf diese Einfluss haben können, so anzubringen, dass ihre gegenseitige Lage unverändert immer wieder hergestellt werden kann. Da der Gesamtapparat leicht transportabel sein muss, ist das Quadrantelektrometer als Messvorrichtung, selbst abgesehen von seiner ungünstigen grossen Kapazität, nicht empfehlenswert, es ist besser durch das Exnersche Elektroskop zu ersetzen. Auf gute Isolation und auf die Möglichkeit, den durch geringe Mängel derselben entstehenden Fehler zu bestimmen, ist besonderes Gewicht zu legen. Die für Laboratoriumsversuche ausgezeichnete Methode von C. T. R. Wilson, den Elektrizitätsfluss über eine isolierende Stütze dadurch auszuschliessen, dass man diese auf einem durch Anschluss an eine konstante Elektrizitätsquelle auf unveränderlichem Potentiale gehaltenen Leiter ruhen lässt, verbietet sich

¹⁾ Vgl. darüber die Methode von F. Harms. *Donders Annalen* 10. p. 816. 1903.

bei Messungen der Elektrizitätszerstreuung an beliebigen Orten im Freien durch die Schwierigkeit, jene Elektrizitätsquelle zu transportieren, von selbst, nicht zu gedenken der Störung, die durch die Einführung elektrisierter Körper in die Nähe des Messapparats entstehen würde.

Trotz mehrerer unleugbar vorhandener Mängel scheint uns daher zu Zerstreuungsmessungen noch immer am meisten empfehlenswert die von uns vorgeschlagene Kombination des Exnerschen Elektroskops — mit innerer (Bernstein)isolation und parallaxefreier Spiegelskala — und einem unmittelbar darauf gesetzten Zerstreuungskörper unter Schutzdach oder für Ionen-zählung der von Hrn. Ebert eingeführte Aspirationsapparat. Die Vorzüge der Konstruktion liegen in der guten Isolation, die im Notfall durch Natriumtrocknung auch in den schwierigsten Verhältnissen aufrecht erhalten werden kann, in der Möglichkeit, jeder Zeit den etwaigen Isolationsfehler zu bestimmen und in Rechnung zu ziehen, in der leichten Transportierbarkeit und der Widerstandsfähigkeit gegen die Fährlichkeiten der Mitnahme auf Reisen. Auch in elektrischen Messungen nicht besonders vorgebildete Beobachter werden bei Beachtung der leicht angebbaren Vorsichtsmassregeln mit den Apparaten zu arbeiten lernen.

Die Schwäche des von uns konstruierten Instruments liegt, wie schon angedeutet, in der Verwendung des Schutzdaches, das einerseits unentbehrlich, anderseits durch Einengung des Zerstreuungsraumes schädlich ist. Da das Coulombsche Gesetz der Zerstreuung unter dem Schutzdache nicht mehr streng zutrifft, so wird der auf grund desselben berechnete Zerstreuungskoeffizient von der Höhe der Ladung abhängig. Man erhält für hohe Potentiale kleinere Zerstreuungskoeffizienten als für niedrige. Daher wird es nötig, alle Apparate, die zu Vergleichen der Leitungsfähigkeit der Luft dienen sollen, nicht nur in genau gleicher Weise in allen ihren Dimensionen herzustellen, sondern auch den zugehörigen Elektroskopen möglichst dieselbe Empfindlichkeit zu geben, damit man bei allen die Messungen innerhalb desselben Spannungsbereiches vornimmt.

Ist diese Bedingung, wie bei den von der Firma Günther und Tegetmeyer verfertigten Instrumenten erfüllt, so sind die mit ihnen gewonnenen Ergebnisse vergleichbar.

Bei solchen Beobachtungen der Elektrizitätszerstreuung, die längere Zeit hindurch an derselben Station ausgeführt werden sollen, halten wir für den geeignetsten Termin die Zeit um oder bald nach Mittag, natürlich sind auch öftere Wiederholungen zu andern Tagesstunden wünschenswert, ebenso wie auch Nachtbeobachtungen. Die gleichzeitige Aufzeichnung anderer meteorologischer Elemente, insbesondere der Temperatur, der absoluten und relativen Feuchtigkeit, der Windrichtung und Stärke, der Lufttrübung und der Barometerbewegung giebt dann die Grundlage für die Aufsuchung des etwaigen Einflusses dieser Faktoren auf die Leitfähigkeit der Luft. Wir haben selbst in dieser Richtung das Beobachtungsmaterial eines Jahres verwertet.

Bei Messungen im Hochgebirge ist der Apparat nach Möglichkeit geschützt in tiefen Senkungen des Terrains aufzustellen. Auf den Berggipfeln bewirkt nämlich in der oben schon erwähnten Art die starke Intensität des Erdfeldes durch Erregung von Influenzladungen auf dem Schutzdach und allen benachbarten Leitern erhebliche Differenzen in den Zerstreuungskoeffizienten für negative und positive Elektrisierungen, indem die ersteren viel grösser als die letzteren gefunden werden. In geringerem Masse zeigt sich dieselbe Erscheinung auch bei Messungen im Flachlande, wenn der Apparat eine ungeschützte Lage einnimmt. Stets ist darauf zu achten, dass die Sonnenstrahlen nicht in das Elektroskopgehäuse eindringen, sie erregen Luftströme, durch die die Blättchen gehoben werden. Im Gebirge ist, wenn nicht besondere Absichten das Gegenteil rechtfertigen, die Nähe von Wasserfällen bei Vornahme der Messungen zu vermeiden; die Luft ist an solchen Orten mit einer abnormen Menge negativer Ionen beladen.

In den Polargegenden ist die Bestimmung der Leitfähigkeit der Luft von besonderem Interesse wegen etwa vorhandener Beziehungen zu den Polarlichterscheinungen. Vor allem wäre

es wünschenswert, Zerstreuungsmessungen anzustellen, wenn die Luft der untersten Schichten, und zwar in der Nähe des Beobachters, Spuren von Phosphoreszenz zeigt, wie dies nach bestimmten Berichten zu Zeiten der Fall sein soll. Hier würden auch Versuche über einen etwaigen übernormalen Gehalt der Luft an radioaktiver Emanation ergänzend zugefügt werden können.

Beobachtungen, die den Zusammenhang der Elektrizitätszerstreuung mit der Luftbewegung in Fallwinden zum Gegenstande haben, können naturgemäss nur dort systematisch durchgeführt werden, wo solche Föhnerscheinungen häufiger vorkommen. Hier sind hygrometrische Messungen als Beigabe unerlässlich.

Der Einfluss radioaktiver, aus dem Erdboden stammender Emanation auf die Leitfähigkeit der Luft kann bei der Neuheit der Erscheinung in spezieller Weise wohl noch nicht durch Kooperation verschiedener Stationen untersucht werden. Immerhin würden sich aber aus der geographischen Lage der Stationen (ob im Innern von Kontinenten gelegen oder teilweise von der See umgeben) in Verbindung mit den daselbst beobachteten Zerstreuungskoeffizienten Schlüsse darauf ziehen lassen, ob die Ionisierung der Atmosphäre zu einem merklichen Teil von den Festländern ausgeht. Es ist, wenn dies zutrifft, allerdings zu erwarten, dass hierbei selbst die geologische Beschaffenheit der Erdoberfläche am Beobachtungsorte nicht ohne Einfluss sein kann. (Vgl. den folgenden Bericht.)

Als allgemeine für alle Zerstreuungsmessungen giltige Vorschrift möchten wir zum Schlusse noch die Warnung vor der Infektion der Apparate durch radioaktive Stoffe, wie Radium oder Polonium aussprechen. Es ist absolut unzulässig, solche in denselben Räumen mit den Zerstreuungsapparaten aufzubewahren.

Für die Handhabung der Apparate verweisen wir auf: *Terrestrial Magnetism*. IV. p. 216. 1899, wo auch die Berechnung der Zerstreuungskoeffizienten angegeben ist, *Physik. Zeitschrift* 1. p. 11. 1899. *Physikal. Zeitschrift* 4. p. 137.

1902 und Wien. Ber. 111. Abt. IIa S. 946. Annalen der Physik. 4. Folge. II. S. 425.

Die Beobachtungsmethode mittelst des Ebertschen Aspirationsapparates, dessen Verwendung neben dem unsrigen wir warm empfehlen, ist von Herrn Ebert beschrieben in: Physik. Zeitschrift 2. S. 662. 1901 und Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt, Heft 4. 1902.

H. Geitel.

II.

Über die Bestimmung der Radioaktivität der Luft.

A. Ziele.

Für die Auffassung der in der Erdatmosphäre sich abspielenden elektrischen Vorgänge ist die Frage nach den Quellen der Radioaktivität der Luft, d. h. der Fähigkeit derselben in ihr befindliche, längere Zeit auf negativem Potentiale gehaltene Leiter vorübergehend radioaktiv zu machen (siehe das am Schlusse S. 84 gegebene Literaturverzeichnis Nr. 5) ohne Zweifel von Bedeutung. Diese Eigenschaft verdankt sie einem Gehalt an radioaktiver Emanation, die wahrscheinlich (mindestens zum Teil) dem Erdkörper selbst entstammt (4) und die nachweislich in abnorm grosser Menge in der Luft unterirdischer Räume (1a) enthalten ist. Gewisse Erfahrungen sprechen für die allgemeine Verbreitung eines primär aktiven Körpers in der obersten Erdbodenschicht.

Die weitere Forschung würde die Aufklärung folgender Fragen anzustreben haben:

1. Ist die primäre Radioaktivität der Erdsubstanz eine allgemein verbreitete Erscheinung?

2. Zeigt die Radioaktivität der Bodenluft je nach ihrer Herkunft graduelle Unterschiede ihrer Aktivität; existieren insbesondere Orte, an denen ihre Aktivität gleich Null ist, und wie verhalten sich aus grösseren Tiefen entnommene Luftproben?

3. Ist die Radioaktivität der freien Atmosphäre von meteorologischen Elementen abhängig?

Während die Beantwortung der Fragen 1 und 2 wohl vorerst noch der Initiative einzelner Forscher zu überlassen ist, halten wir eine Anregung zur Beschäftigung mit Frage 3 mehr für empfehlenswert. Desshalb werden wir im letzten Teile dieses Entwurfes auf die Gewinnung eines allgemein vergleichbaren Masses für den Grad der Radioaktivität der Luft eingehend zurückkommen.

Dass eine Abhängigkeit von gewissen meteorologischen Elementen vorhanden sein muss, lässt sich leicht übersehen (4).

So wird man eine Beziehung zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Luft und ihrem jeweiligen Gehalt an radioaktiver Emanation insofern vermuten dürfen, als in geschlossenen Räumen das Eindringen von Bodenluft die Leitfähigkeit der Luftmassen in ganz auffallender Weise erhöht. Namentlich würde es von Interesse sein zu entscheiden, wie sich jene gutleitenden Luftschichten in radioaktiver Beziehung verhalten, wie sie im Hochgebirge (namentlich bei Föhn) über Capri, Island und Spitzbergen angetroffen wurden. Sollten diese arm an Emanation sein, so würde hierin ein Fingerzeig dafür liegen, dass im Luftmeere noch andere Quellen der Ionisierung als das Eindringen von Bodenluft und der Emanation des Erdkörpers vorhanden sind. Der gleiche Schluss würde sich auch ziehen lassen, wenn bei Beobachtungen auf dem freien Ozean nur kleine Werte für die Radioaktivität der Luft gefunden würden, während ihre Leitfähigkeit der über kontinentalen Gebieten lagernden Luft nicht nachstünde. Auch Messungen vom Ballon aus an Orten hoher Leitfähigkeit könnten nach der angedeuteten Richtung hin Aufschluss geben.

Eine Zunahme der Radioaktivität mit abnehmendem Luftdruck ist sehr wahrscheinlich; namentlich wird man bei sogenannten „Barometerstürzen“, bei welchen durch die plötzlich auftretende Luftverdünnung Bodenluft in die Atmosphäre hinein aspiriert werden muss, ein deutliches Anwachsen der Radioaktivität erwarten dürfen. Ein Ansteigen des Grundwassers am Beobachtungsorte wird ebenfalls einen Teil der Luft in den Erdkapillaren zum Entweichen in die Atmosphäre

zwingen. Auch ein Zusammenhang der Radioaktivität der Luft mit der Richtung der Winde, ob diese vom Ozean oder vom Kontinente her wehen und ihrer Stärke, ob stagnierende oder bewegte Luftmassen dem exponierten Körper die Emanation zuführen, ist sehr wahrscheinlich, dagegen fehlen für einen solchen mit der absoluten und relativen Feuchtigkeit, der Temperatur und Transparenz der Atmosphäre noch fast alle Anhaltspunkte.

Untersuchungen der vorgeschlagenen Art würden auch zur Entscheidung der Frage beitragen, ob sich die Luft unter der Erdoberfläche durch Aufnahme der Emanation eines primär aktiven Stoffes aktiviert oder ob die Aktivität erst durch Streichen der Luft durch die befeuchteten Kapillaren des Bodens nach Analogie der Versuche von Sella und Pocchettino, J. J. Thomson und Himstedt erregt wird.

Wenn der blosse Kontakt von Wasser und Luft die radioaktive Emanation erzeugen würde, so wäre ein erhöhter Gehalt an radioaktiver Emanation nach ergiebigem Regen, in der Nähe von Wasserfällen und unweit der Meeresbrandung zu erwarten. Bei unseren Bestimmungen (4) der Radioaktivität der Luft nach Regenfällen und in der Nähe der Brandung der Nord- und Ostsee sowie bei den Versuchen McLennans¹⁾ am Fusse des Niagara war dies nicht der Fall.

B. Methode.

Voranschicken möchten wir als allgemeine Vorschrift, dass einwandfreie Resultate nur in solchen und in der Nähe solcher Gebäude erzielt werden können, die von radioaktiven Präparaten irgend welcher Art **absolut frei** gehalten werden.

1. Stationsbeobachtungen (1b).

Als Versuchskörper verwendet man einen blanken horizontal in mindestens zwei Meter Höhe über dem Erdboden gespannten

¹⁾ Phys. Rev. p. 235. 1903.

Kupferdraht von etwa 1 mm Stärke und genau 10 m Länge. Man aktiviert diesen zwei Stunden lang an immer demselben allen Windrichtungen möglichst gleichmässig zugänglichen Orte. Die Isolation bewirkt man zweckmässig durch die von uns konstruierten glockenförmigen Drahthalter, deren Ansatzröhrchen nach dem Gebrauche geschlossen werden müssen, im übrigen aber an den sie tragenden Stützen ein für allemal im Freien belassen werden können. Eine ebenfalls isolierte Zuleitung sorgt für die Verbindung des exponierten Drahtes mit dem negativen Pole eines Hochspannungsakkumulators von eintausend zweihundert Elementen, dessen Polspannung durch ein Hochspannungselektroskop Braunscher Form kontrolliert wird, während der positive Pol durch einen so grossen Widerstand zur Erde abgeleitet ist, dass der nicht geerdete Pol und somit auch der exponierte Draht ohne Gefahr berührt werden kann.

Das Potential des geladenen Drahtes muss von Tag zu Tag konstant gehalten werden; dass dasselbe sich bei der zweistündigen Expositionszeit ändert, ist bei Verwendung von Akkumulatoren ausgeschlossen. Die geforderte Konstanz lässt sich leicht dadurch erreichen, dass man einige in Reserve gehaltene Zellen mit zunehmender Selbstentladung des Akkumulators nach und nach hinzuschaltet.

Man darf nicht übersehen, dass auch bei genau gleichem Potentiale von einem Tage zum andern doch die Dichtigkeit der Elektrizität auf dem Drahte durch die Influenz des elektrischen Feldes der Erde von Tag zu Tag verschieden sein wird. Dieser Übelstand wird voraussichtlich um so weniger hervortreten, je höher man das Potential des exponierten Drahtes wählt. Es haftet daher den im Freien gewonnenen Resultaten stets eine gewisse Ungenauigkeit an, die sich nur vermeiden liesse, wenn man den Draht in einem vor der Influenz der Luftelektrizität geschützten Raume exponierte etwa in einer geräumigen Halle, deren Luft sich von aussen möglichst ungehindert erneuern kann. Natürlich würden dann Messungen an verschiedenen Orten nur vergleichbar sein bei gleicher

Grösse und Gestalt der Halle und identischer relativer Lage des Drahtes zu den Wänden derselben.

Vor der Hand wird man von der Verwendung dieser Beobachtungsart ihrer Umständlichkeit wegen absehn müssen.

Als ladende Vorrichtung lässt sich zur Not auch eine Wasserinfluenzmaschine, ein Induktorium mit ganz zuverlässig arbeitendem Unterbrecher in Kombination mit einer durch Natrium innen trocken gehaltenen Leydnerflasche oder durch eine mit der Hand gedrehte oder durch einen Motor getriebene Wimshurstmaschine benutzen. Alle diese Apparate bedürfen aber einer unausgesetzten Kontrolle und sind daher bei quantitativen Bestimmungen, wenn dieselben nicht äusserst zeitraubend werden sollen, nur bei kürzeren Expositionszeiten von etwa 20—30 Minuten mit Vorteil verwendbar. Natürlich erzielt man bei so kleinen Expositionszeiten nicht das jeweilige Maximum der Aktivität des Drahtes, das, wie wir uns mehrfach überzeugten, bei zweistündiger Exposition sehr nahe erreicht wird.

Das Zerstreuungselektrometer, dass zur Messung der induzierten Radioaktivität des im Freien aktivierten Drahtes dient, soll in einem staubfreien, trocknen Raume Aufstellung finden. Vor der definitiven Messung bestimmt man den Spannungsverlust, den der auf ein Potential von etwa 200 Volt geladene Zerstreuungskörper im Laufe von 15 Minuten durch die natürliche Ionisierung der Luft in dem etwa $3\frac{1}{4}$ Liter fassenden geschlossenen Zerstreuungskessel erfährt und bringt später den Betrag dieser „Gegenprobe“ in Abrechnung. Diese Korrektion soll 8—9 Volt pro $\frac{1}{4}$ Stunde nicht überschreiten. So lange die Gegenprobe unter dieser Grenze bleibt, sehe man von der Verwendung der Natriumtrocknung ab. Bei dieser Kontrollmessung ist es erforderlich, den dem Apparate beigegebenen Drahtnetzzyylinder in den Zerstreuungskessel hinein zu stellen, da die Kapazität des Apparates ohne eingeführtes Netz etwas geringer ist, als mit demselben. Ferner hat die Gegenprobe der definitiven Messung voranzugehen, andernfalls erhält man zu grosse Werte für dieselbe und demnach zu kleine für die

Aktivierungszahl. Der radioaktive Draht aktiviert nämlich tertiär die inneren Wandungen des Zerstreuungskessels oder die Oberfläche des Zerstreuungszylinders je nach dem Zeichen der Ladung; bei Nichtbeachtung obiger Vorschrift fällt daher die Gegenprobe merklich grösser aus. Auch entferne man nach Schluss der Messung den aktiven Draht sofort aus dem Apparate, um jede unnötige tertiäre Aktivierung zu vermeiden.

Nach Beendigung der Exposition schalte man die Elektrizitätsquelle von dem gespannten Drahte ab und winde ihn auf das oben erwähnte zylindrische Metallnetz. Alsdann führe man dieses mit möglichst geringem Zeitverlust in das Zerstreuungselektrometer ein. Bei starker Aktivität des Drahtes wird man die Beobachtungszeit, die man zweckmässig an einer mit Arretierung versehenen Taschenuhr bestimmt, im Vergleich zur Gegenprobe wesentlich kürzen müssen. Um die Messungen auf ein einheitliches Mass zu reduzieren (4), setze man die Radioaktivität der Luft $A = 1$, wenn ein Meter des aktivierten Drahtes das Potential des Zerstreuungskörpers in einer Stunde um ein Volt erniedrigen würde.

Das Verfahren der Messung und die Art der Berechnung zur Erzielung unter sich vergleichbarer Zahlen sind im einzelnen unter 4) des Literaturnachweises angegeben. Die so gefundenen Aktivierungszahlen A stellt man dann tabellarisch zusammen. Es ist notwendig, in diese Tabelle ausser den üblichen meteorologischen Elementen auch für jeden Tag einen Vermerk über die Transparenz der Luft, ihre elektrische Leitfähigkeit und, wenn es möglich ist, auch über den Stand des Grundwassers aufzunehmen. Da atmosphärische Niederschläge jeder Art einen Teil der radioaktiven Emanation aus der Luft zu entfernen scheinen und wohl auch, wenn sie während der Expositionszeit eintreten, die radioaktive Substanz von dem Drahte abwaschen, so wird man derartige anomale Verhältnisse unter der Rubrik „Bemerkungen“ kennzeichnen müssen.

Es erübrigt, noch ein Wort zu sagen über die Anzahl der Beobachtungen im Laufe eines Tages und die passendste Beobachtungszeit.

Vorläufig dürfte eine einmalige Bestimmung der Aktivierungszahl in der Zeit von 1—3 *p* ausreichend sein. Während der an die Akkumulatoren angeschlossene Draht zwei Stunden lang sich selbst überlassen bleibt, hat der Beobachter ausreichend Zeit, sowohl die elektrische Leitfähigkeit der Luft zu messen, als auch um 2 *p* die meteorologischen Instrumente abzulesen. Wo nur ein Zerstreuungselektrometer zur Verfügung steht, hat die Bestimmung des elektrischen Zerstreuungscoeffizienten der Ermittlung der Aktivierungszahl voranzugehen.

2. Beobachtungen auf Reisen (2).

Zur Verwendung auf Reisen haben wir ein leicht transportables Instrumentarium zur Bestimmung der Aktivierungszahl zusammengestellt, das aus folgenden Apparaten besteht: dem Zerstreuungselektrometer mit Zubehör, einer Hochspannungstrockensäule von 2000—2500 Volt Klemmenspannung, einem Hochspannungselektroskop Braunscher Form mit innerer Bernsteinisolation und Natriumtrocknung und einigen Drahthaltern aus Ebonit, ebenfalls mit Natriumtrocknung.

Die Einrichtung dieser Apparate ist von uns genau beschrieben; ihre Anwendung ergibt sich nach dem unter 1 gesagten ohne Weiteres. Da die Hochspannungstrockensäule einen ziemlich hohen inneren Widerstand besitzt, so wird man für absolute Isolation aller in Frage kommenden Isolatoren Sorge tragen müssen. Man wird hier häufig in der Lage sein die Austrocknung der Drahthalter und des Innern des Hochspannungselektroskops durch metallisches Natrium zu bewirken. Da ferner die Polspannung der Säule mit sinkender Temperatur nicht unerheblich nachlässt, so ist sie an einem warmen trocknen Orte aufzubewahren und während der Exposition, wenn irgend tunlich, an einem sonnigen Platze aufzustellen.

Literatur.

1a) Über die Radioaktivität der im Erdboden enthaltenen Luft. Physikal. Zeitschr. 3. p. 574. 1902.

1b) Beschreibung des Verfahrens zur Gewinnung vorübergehend radioaktiver Stoffe aus der atmosphärischen Luft. Physikal. Zeitschr. 3. p. 305. 1902.

2) Über transportable Apparate zur Bestimmung der Radioaktivität der natürlichen Luft. Physikal. Zeitschr. 4. p. 138. 1902.

3) Protokoll der luftelektrischen Konferenz zu Göttingen. 1902.

4) Protokoll der luftelektrischen Konferenz zu München. 1903.

5) Recherches sur la Radioactivité induite par l'air atmosphérique. Archives des Sciences Physiques 13. p. 113. 1902.

J. Elster.
