Zeitschrift: Helvetica Physica Acta

Band: 1 (1928)

Heft: IX

Artikel: Zur Bedeutung des Voltaeffektes für Raumladungsmessungen nach der Thomson'schen Methode

Autor: Lindholm, F. / Bider, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-109187

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur Bedeutung des Voltaeffektes für Raumladungsmessungen nach der Thomson'schen Methode

von **F. Lindholm** und **M. Bider**
(aus dem Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos).

(6. X. 28.)

Zusammenfassung: Es wurde der Voltaeffekt zwischen Kollektoren und Käfigen aus verschiedenen Metallen gemessen. Messreihen verschiedenster Art lassen deutlich die komplexe Natur des Voltaeffektes erkennen. Neben langsam verlaufenden Veränderungen wurde vor allem ein Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf den Voltaeffekt konstatiert, indem mit zunehmender relativer Feuchtigkeit der Voltaeffekt stark ansteigt. Durch diese Veränderlichkeit des Voltaeffektes sind die nach der Thomson'schen Käfigmethode angestellten Messungen der elektrischen Raumladung der freien Atmosphäre in ihrem Wert stark beeinträchtigt.

Die von Thomson angegebene Methode der Raumladungsmessungen besteht bekanntlich in der Messung der Potentialdifferenz zwischen einem geerdeten Metalldrahtkäfig und einem im Innern desselben isoliert als Sonde aufgestellten Kollektor. Hat der Käfig Kugelform, so besteht zwischen der mittleren Raumladungsdichte ϱ im geerdeten Käfig vom Radius r und dem Potential V im Mittelpunkte der Kugel die Beziehung

$$V = \frac{2\pi}{3} \varrho r^2 .$$

Diese Beziehung gilt nur unter der Voraussetzung, dass innerhalb des Drahtkäfigs überall das Potential Null herrscht, wenn keine Raumladung vorhanden ist.

Neuerdings hat Benndorf[1]) auf eine Fehlerquelle, die durch den Voltaeffekt verursacht wird, hingewiesen. Zwischen dem Metall des Kollektors und dem Metall des geerdeten Käfigs besteht nämlich eine von der Oberflächenbeschaffenheit der Metalle abhängige Potentialdifferenz, selbst wenn die Raumladungen zu

[1]) Phys. ZS. **27**, 577 1926.

vernachlässigen sind. BENNDORF gibt für den Voltaeffekt bei Sonden und Käfigen aus verschiedenem Material folgende Werte an:

Tabelle 1.

Käfig aus	Poloniumsonde aus Goldblech	Poloniumsonde aus Kupfer
Cu	0,2 Volt	0,05 Volt
Fe	0,3 „	0,2 „
Zn	0,8 „	0,7 „
Al	1,0 „	0,9 „
Verzinkter Eisendraht		0,4–0,7 „

KÄHLER[1]) hat später die Grösse des Voltaeffektes bei der Potsdamer Messanordnung (vernickelter Messingkollektor mit Ioniumüberzug gegen würfelförmigen Drahtkäfig aus verzinktem Eisendraht) zu 0,64 Volt bestimmt.

Seit dem Winter 1925 werden am Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos regelmässige Raumladungsmessungen mittels eines kugelförmigen Käfigs nach der Thomson'schen Käfigmethode durchgeführt, und die Ergebnisse der ersten Versuchsmonate sind bereits früher von KÄHLER und DORNO[2]) mitgeteilt worden. Die Messresultate sind dort ohne Korrektur für den Voltaeffekt angegeben. Später hat DORNO[3]) den Voltaeffekt bestimmt zwischen einem Kupferkollektor mit Poloniumüberzug und einem kleinen Käfig, der aus verzinktem, mit Spirituslack überzogenem Eisendraht bestand und auch in Bezug auf die Maschenweite dem Messkäfig nachgebildet war, und dafür den Wert von 0,4 Volt gefunden.

Im Zusammenhange mit der Verarbeitung des in den letzten Jahren gesammelten Materials wurden von uns weitere Versuche angestellt, den Voltaeffekt und dessen eventuelle Veränderungen zu bestimmen. Im Anschluss daran wurden einige Versuche unternommen, eine verbesserte Messanordnung mit verschwindendem Voltaeffekt zu finden.

Versuchsanordnung.

Der Voltaeffekt wurde durch Messung der Potentialdifferenz zwischen Sonde und Käfig bei so kleinem wirksamen Volumen bestimmt, dass die Raumladung im Käfig vernachlässigt werden

[1]) Met. ZS. **44**, 1, 1927.
[2]) Met. ZS. **42**, 434, 1925.
[3]) Phys. ZS. **27**, 577, 1926.

konnte. Sogar bei einer extrem gross angenommenen Raumladung von $0{,}4 \cdot 10^{-6}$ ESE pro cm^3 ergibt sich für einen kugelförmigen Käfig von 1 m^3 eine Potentialdifferenz von etwa 1 Volt, in dem mehr als tausendmal kleineren Versuchskäfig musste diese Differenz nur 0,01 Volt betragen, was zu vernachlässigen ist.

1. Methode.

Zunächst wurden Käfige aus verschiedenem Material, nämlich aus verzinktem galvanisiertem Eisendraht (K_{II}), verzinktem Eisendraht mit schwarzem Spirituslack überzogen (K_I), blankem Kupfer (K_{III}), oxydiertem Kupfer (K_{IV}) von 750 cm^3 Inhalt verwendet; K_I und K_{II} wurden vor zwei Jahren hergestellt, K_{III} und K_{IV}

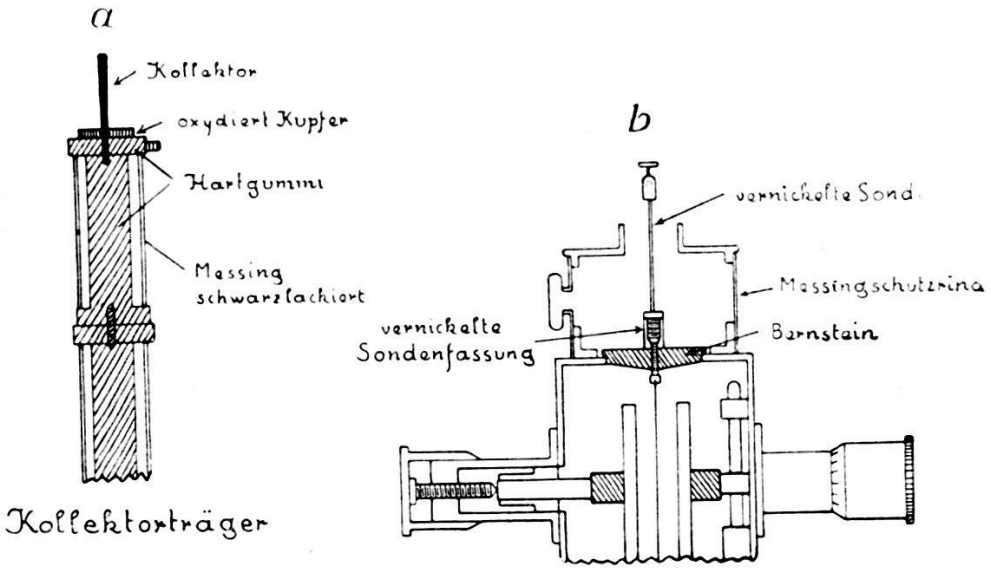

Fig. 1.

erst für diese Untersuchungen. Zur Bestimmung der Voltadifferenz zwischen Sonde und Käfig wurde so verfahren, dass der kleine Käfig auf einem geerdeten Messingring dicht über den im grossen geerdeten Käfig befindlichen Kollektor und Kollektorträger gestülpt wurde, von ihm isoliert und geerdet; durch Vorversuche war festgestellt worden, dass der vernickelte Messingring ohne merklichen Einfluss auf die Messergebnisse war.

2. Methode.

Um von allen Störungen der Zuleitungen (die bei allen Versuchen elektrostatisch geschützt waren) frei zu sein, wurden die

Käfige auch direkt auf das Elektrometer gestülpt und geerdet (im Zimmer) und der Kollektor an Stelle der Zuleitungssonde aufgesetzt. Es wurden Versuche mit und ohne den vernickelten Messingschutzring des Elektrometers angestellt (vergl. Figur 1b).

Die Versuche zeigten, dass wir auf diese Weise nicht zum Ziele gelangen konnten, den Voltaeffekt des zu den laufenden Raumladungsmessungen verwendeten Käfigs zu bestimmen, da der Voltaeffekt von der Oberfläche des Metalles in ausserordentlich hohem Masse abhängig ist und wir nicht annehmen konnten, dass der Voltaeffekt des neu hergestellten kleinen Käfigs den gleichen Wert habe wie der des Messkäfigs, der jahrelang im Freien gestanden hat.

3. *Methode.*

Entsprechend dem Zwecke der Untersuchung wurde die gleiche Messvorrichtung wie bei den Raumladungsmessungen verwendet. Der für die Raumladungsmessungen selbst benutzte Käfig besteht aus einem gut geerdeten, mit Spirituslack überzogenen Eisendrahtnetz, aufgestellt unter einem geerdeten Blechdach und auf drei Seiten von einem geerdeten Drahtnetz in geringem Abstand umgeben, die vierte Seite bildet die Hauswand. In der Mitte des Käfigs befindet sich gut isoliert eine Radiothorkupfersonde (bei früheren Messungen eine Polonium-Kupfersonde). Von der Potentialsonde, die in Messingfassung eingeschraubt ist (vergl. Figur 1a), bildet ein durch ein geerdetes Rohr in der Hauswand geführter isolierter Kupferdraht die Zuleitung zur vernickelten Messingsonde eines Wulf'schen Einfaden-Elektrometers, das innerhalb eines geerdeten quadratischen Käfigs aufgestellt ist; in demselben Käfig befinden sich auch die Batterien für die Hilfsspannung (je 180 Volt) des Elektrometers. Dieses wurde täglich geeicht und zeigte einen Ausschlag von ungefähr 20 Skalenteilen pro Volt (1 Skalenteil = 0,05 Volt).

Zur Bestimmung des Voltaeffektes des grossen Käfigs (K_0) wandten wir wieder das Prinzip der Raumverminderung an, indem wir die beiden Kugelhälften so ineinander legten, dass der wirksame Raum auf etwa $^1/_{500}$ vermindert wurde. So konnten wir den Voltaeffekt des gebrauchten Käfigs bestimmen, ohne dass wir die Metalloberfläche irgendwie veränderten, wie dies z. B. durch die Bildung neuer Schnittflächen geschehen würde, wenn wir aus dem Käfig Stücke herausgeschnitten hätten.

Messresultate.

a) Versuche mit den kleinen Käfigen.

Es ergaben sich für die verschiedenen Käfige folgende Werte des Voltaeffektes gegen eine neue Radiothor-Kupfersonde in Volt:

Tabelle 2.

Messmethoden	Eisendrahtkäfig		Kupferdrahtkäfig blank
	galvanisiert lackiert	galvanisiert blank	
Messung im grossen Käfig (Methode 1)	0,51 V ± 0,08	0,78 V ± 0,04	0,25 V ± 0,03
Direkt auf Elektrometer mit Messingschutzring (Methode 2)	0,33	0,52	0,09

Man ersieht aus Tabelle 2, dass — wie die in Tabelle 1 angeführten Messungen Benndorf's erwarten lassen — der Voltaeffekt recht beträchtliche Werte erreicht, und dass diese Werte je nach dem Material verschieden ausfallen. Die in Tabelle 2 angegebenen Zahlen stellen Mittelwerte zahlreicher Messungen dar, die in einem Zimmer des Observatoriums unter möglichst konstanten Bedingungen durchgeführt worden sind. Interessanterweise treten bei allen diesen Messungen häufig recht merkliche, scheinbar zufällige Schwankungen auf, deren Natur uns nicht recht klar geworden ist, da sie auf Grund unserer Versuchsanordnung nicht auf Influenz beruhen können und auch nicht auf schlechte Erdung zurückzuführen sind. Dass diese Schwankungen, wie der mittlere Fehler auch zeigt, beim schwarzlackierten Käfig am grössten sind, scheint darauf hinzudeuten, dass sie vom Material des Käfigs irgendwie abhängen und nicht durch äussere Einflüsse verursacht sind. Immerhin sei darauf hingewiesen, dass während eines starken Gewitters auch bei den Messungen mit den kleinen Käfigen Schwankungen des Elektrometers bis zu 0,5 Volt auftraten, die zeitlich mit einzelnen Blitzschlägen zusammenfielen und wahrscheinlich auf ausserordentlich grosse Raumladungen zurückzuführen sind. Aus Tabelle 2 ergibt sich, dass der Voltaeffekt gegen den Kupferkäfig am kleinsten und gegen den Käfig aus galvanisiertem Eisendraht am grössten ist, was mit den früheren Messungen des Voltaeffektes übereinstimmt.

Auf der zweiten Zeile der Tabelle 2 stehen diejenigen Werte, die nach der oben beschriebenen Methode 2 gewonnen wurden, wobei der Käfig auf den Messingschutzring des Elektrometers aufgesetzt wurde (vergl. Figur 1b). Da aber in diese Messung der Voltaeffekt des teilweise vernickelten Messings gegen den Kupferkollektor eingeht, sind diese Werte für die untersuchten Metalle nicht ganz charakteristisch. Immerhin sind sie insofern von Interesse, als der von uns für lackierten galvanisierten Eisendraht gefundene Wert von 0,33 Volt in guter Übereinstimmung steht mit dem seinerzeit von Dorno nach derselben Methode bestimmten Voltaeffekt von 0,4 Volt[1]).

Um auch den Voltaeffekt des teilweise vernickelten Messingschutzringes zu bestimmen, wurden in einer besonderen Messreihe die kleinen Käfige *ohne* den Messingschutzring direkt auf das Elektrometer aufgesetzt; es ergaben sich dabei folgende Werte für den Voltaeffekt:

Tabelle 3.

Messmethoden	Eisendrahtkäfig		Kupferdrahtkäfig	
	galvanisiert lackiert	galvanisiert blank	blank	oxydiert
Messung im grossen Käfig (Methode 1)	0,78	0,87	– 0,15	0,03
Direkt auf Elektrometer ohne Messingschutzring (Methode 2)	0,85	0,78	– 0,23	– 0,06

Es zeigen sich hier viel kleinere Abweichungen zwischen den beiden Messmethoden, und damit wird es sehr wahrscheinlich, dass die Unterschiede der beiden Methoden 1 und 2, wie sie in Tabelle 2 in Erscheinung treten, tatsächlich vom Voltaeffekt des vernickelten Messingschutzringes des Elektrometers gegen den Kollektor herrühren.

Da der Voltaeffekt auch ohne den radioaktiven Belag des Kollektors auftritt, wie Kähler[2]) schon gezeigt hat, und vom Belag auch nicht stark beeinflusst wird, wurden zur Orientierung einige Versuche angestellt, bei denen an Stelle des Kollektors verschiedene andere Metalle benutzt wurden. Die Messungen,

[1]) Vgl. H. Benndorf, Phys. ZS. **27**, 576, 1926, Anm. S. 577.

[2]) Loc. cit.

welche mit den bereits vorhandenen, teilweise oxydierten Metallen durchgeführt wurden, ergaben folgende Werte:

Tabelle 4.

Sonden	Eisendrahtkäfig		Kupferdrahtkäfig
	galvanisiert lackiert	galvanisiert blank	
Radiothor auf Kupfer mit Kollektorträger	0,85	0,78	– 0,23
Polonium auf Kupfer mit Kollektorträger	0,81	0,76	– 0,25
Kupfer blank mit Kollektorträger	0,59	0,65	– 0,36
Kupfer blank ohne Kollektorträger	0,25	0,37	– 0,29
Nickel ohne Kollektorträger. .	0,44	0,62	– 0,30
Eisen blank galvanisiert ohne Kollektorträger	– 0,01	– 0,15	– 0,96

Aus diesen Zahlen ist zunächst ersichtlich, dass die beiden verwendeten radioaktiven Kollektoren (auf Kupfer) nahezu gleiche Werte ergeben, die etwas kleineren Zahlen des Polonium-Kollektors scheinen reell zu sein.

Es ergibt sich weiterhin, dass auch der Kollektorträger von Einfluss ist, wie ein Vergleich der dritten und vierten Reihe der Tabelle 4 zeigt. Zum Teil mag die Differenz der beiden Messreihen mit und ohne Kollektorträger auch durch die wirksame Grösse des „Kollektors" bezw. der Sonde bedingt sein. Es ergab sich bei 10 cm langem Cu-Draht als Sonde gegen den Käfig aus galvanisiertem Eisendraht ein Voltaeffekt von 0,50 Volt, bei 1 cm langem Cu-Draht ein solcher von 0,25 Volt. Wenn dagegen keine Sonde eingesteckt wurde, so zeigte das Elektrometer immer noch eine Spannung von 0,35 Volt; in diesem Falle muss die kleine vernickelte Sondenfassung die Funktion einer Sonde übernehmen (Figur 1a). Aus diesen Zahlen scheint sich zu ergeben, dass die Grösse der Sonde, vielleicht im Verhältnis zur Dimension des Käfigs, von Einfluss auf die Grösse des Voltaeffektes ist. Auch der folgende Versuch scheint dafür zu sprechen, dass der Voltaeffekt nicht nur von der Materialbeschaffenheit, sondern auch irgendwie von der Grösse der wirksamen Metallfläche abhängig ist. Der Voltaeffekt des Radiothor-Kollektors gegen den Kupferkäfig ergab sich zu —0,32 Volt; wurde nun ein geerdeter galvanisierter Eisendraht bis nahe zum Kollektor durch eine Masche des Kupferkäfigs

eingeführt, so zeigte sich ein Voltaeffekt von — 0,22 Volt. Dies alles scheint darauf hinzudeuten, dass der beobachtete Voltaeffekt komplexer Natur ist.

Ausserdem haben sich bei unseren Versuchen starke zeitliche Veränderungen des Voltaeffektes ergeben, wie aus Tabelle 5 ersichtlich ist; die angegebenen Werte beziehen sich sämtlich auf dieselbe, oben (Seite 539) beschriebene Versuchsanordnung nach Methode 1:

Tabelle 5.

Messtermine	Eisendrahtkäfig		Kupferdrahtkäfig blank
	galvanisiert lackiert K_I	galvanisiert blank K_{II}	K_{III}
April (im Zimmer)	0,51	0,78	0,25
Anfang Juni (im Freien) .	0,87	0,97	0,08
Ende Juli (im Freien) . .	0,81	0,97	– 0,15

Wie man aus Tabelle 5 ersieht, weichen die zu den verschiedenen Zeiten gemessenen Werte sehr stark voneinander ab. Wegen des später zu besprechenden Feuchtigkeitseinflusses sind die Zahlen nicht streng miteinander vergleichbar, in rohen Umrissen geben sie aber doch ein Bild von den zeitlichen Veränderungen des Voltaeffektes, die wahrscheinlich auf Veränderungen der Metalloberfläche zurückzuführen sind. Dass sich der Voltaeffekt von K_I vom April zum Juni so stark geändert hat, ist darauf zurückzuführen, dass bei den vielfachen Manipulationen mit dem Käfig der Lacküberzug an manchen Stellen beschädigt wurde. Die Veränderung von K_{III} ist durch die allmählich einsetzende Oxydation des Kupferdrahtes bedingt; von Anfang Juni bis Ende Juli wurde der Kupferkäfig allen Witterungseinflüssen ausgesetzt und ist dadurch vollständig oxydiert worden. Ähnlicher Art mögen die geringen Veränderungen von K_{II} sein; dieser Käfig ist viel älter, und der Oxydationsprozess war schon im April weit vorgeschritten, immerhin hat auch er sich durch Witterungseinflüsse noch etwas verändert. Jedenfalls geben die Zahlen ein eindrucksvolles Bild von dem grossen Einfluss der Beschaffenheit der Metalloberfläche auf den Voltaeffekt. Interessant ist auch, dass der Einfluss der Oxydation nicht in allen Fällen in gleichem Sinne verläuft; bei K_I und K_{II} wird der Voltaeffekt durch zunehmende Oxydation grösser, bei K_{III} dagegen kleiner. Nach den bisherigen Erfahrungen müsste man das Verhalten von K_I und

K_{II} als normal, das von K_{III} als anormal bezeichnen[1]). Bei diesen Überlegungen ist das Verhalten des Kollektors nicht in Betracht gezogen; entsprechend dem Alter und dem festen Überzug darf man den Kollektor als praktisch unveränderlich voraussetzen.

Neben den fortschreitenden Veränderungen lassen sich aber auch unregelmässige Schwankungen des Voltaeffektes nachweisen, wie sich aus den folgenden Versuchen ergibt. Zunächst wurde der Voltaeffekt der Käfige wie gewohnt bestimmt, dann wurden die Käfige in Wasser gelegt und in tropfnassem Zustande über den Kollektor gestülpt.

Tabelle 6.

Messtermine \ Käfig		K_I	K_{II}	K_{III}	K_{IV}
Juni	trocken . .	0,87	0,97	0,08	0,10
	nass . . .	1,31	1,26	0,15	0,21
Juli	trocken . .	0,78	0,97	– 0,09	0,03
	nass . . .	1,47	1,32	0,16	0,24

An den Werten der Tabelle 6 lässt sich durchweg eine recht beträchtliche Steigerung des Voltaeffektes durch die Befeuchtung feststellen. Dieses Ergebnis ist von prinzipieller Bedeutung für die Raumladungsmessungen, denn wenn der Voltaeffekt so sehr von der Befeuchtung abhängt, so darf man selbst bei ein und derselben gealterten Anordnung den Voltaeffekt nicht mehr als Konstante betrachten, wie dies bisher geschehen ist, sondern es müssten mindestens verschiedene Werte für trockene und feuchte Käfige bestimmt werden. Es stellt sich nun die Frage, ob nicht die Luftfeuchtigkeit überhaupt von Einfluss sei und ob sich nicht beim Übergang von trockener zu feuchter Luft eine kontinuierliche Änderung des Voltaeffektes ergeben werde. Um dies zu untersuchen, wurde der lackierte galvanisierte Eisenkäfig der wechselnden relativen Feuchtigkeit der Aussenluft ausgesetzt und gleichzeitig mit dem Voltaeffekt auch die relative Feuchtigkeit der Luft bestimmt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der Figur 2 dargestellt.

Man sieht, dass mit zunehmender relativer Feuchtigkeit der Voltaeffekt zunächst langsam, dann immer steiler ansteigt und bei gesättigter Luft denselben Wert erreicht wie bei tropfnassem Käfig. Bei einer Schwankung der relativen Feuchtigkeit von 50 bis 95%, womit man im täglichen Gang unter gewöhnlichen Umständen zu rechnen hat, schwankt der Voltaeffekt zwischen

[1]) Vgl. R. Vieweg, Ann. d. Phys. (4), **74**, 165, 1924.

0,7 und 1,2 Volt, also ganz beträchtlich, und die Fehler, welche dadurch in die Raumladungsmessungen eingehen, können den täglichen und jährlichen Gang der gemessenen Raumladung völlig fälschen. Um zu entscheiden, wie sich diese Schwankung auf den Käfig und den Kollektor verteilt, wurde der Voltaeffekt

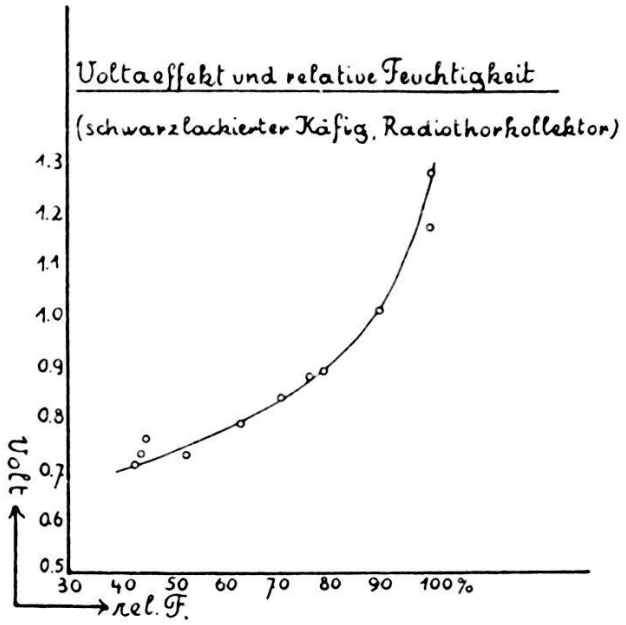

Fig. 2.

auch bei trockenem Käfig und befeuchteter Elektrode untersucht, wobei folgende Werte gefunden wurden:

Tabelle 7.

Kollektorzustand	Poloniumkollektor	Radiothorkollektor
trocken	0,74	0,82
befeuchtet	0,71	0,73

Der Feuchtigkeitseinfluss auf den Kollektor ist gering, aber doch merklich: Durch die Befeuchtung des Kollektors wird der Voltaeffekt etwas vermindert. Dieser Befund stimmt qualitativ mit dem Effekt überein, wie er nach den oben beschriebenen Versuchen (vgl. Tab. 6) und nach den Untersuchungen von Vieweg[1]) zu erwarten ist: Durch Ausbildung der Feuchtigkeitsschicht werden die Metalle im allgemeinen stärker negativ aufgeladen. Des weiteren ergibt sich aber aus dem Versuch, dass der beobachtete Einfluss der relativen Feuchtigkeit durch das gegen-

[1]) R. Vieweg, Ann. d. Phys. (4), **74**, 165, 1924.

über dem Kollektor offenbar stärker hygroskopische Verhalten des lackierten Eisenkäfigs bedingt ist. Bei den Kupferkäfigen würde sich der Voltaeffekt wahrscheinlich mit der relativen Feuchtigkeit nicht stark verändern, da diese Käfige nach Tab. 6 nicht viel stärker hygroskopisch sind als der Kollektor.

b) Versuche am grossen Käfig.

Aus den bisher besprochenen Versuchen lässt sich ersehen, dass es ganz aussichtslos ist, aus den Messungen an einer bestimmten Anordnung den Voltaeffekt einer anderen möglichst gleich gebauten Anordnung aus demselben Material unter gewissen Annahmen indirekt zu bestimmen. Im besonderen ist es unmöglich, aus dem Voltaeffekt des schwarzlackierten Käfigs K_I auf den Voltaeffekt des zu den Raumladungsmessungen verwendeten ebenfalls schwarzlackierten grossen Käfigs K_0 zu schliessen wegen der zeitlichen Variationen von K_I, der Wirkung des jahrelang dauernden atmosphärischen Einflusses, der Ablagerung einer Staubschicht, dem Verwittern des Lackes usw. Aus diesem Grunde wandten wir das unter „Versuchsanordnung" als Methode 3 beschriebene Verfahren an und legten die Kugelhälften so ineinander, dass das von den Teilen des Drahtnetzes eingeschlossene Volumen des Käfigs auf etwa $^1/_{500}$ des Vollkugelvolumens herabgesetzt wurde. Wir untersuchten diesen Käfig im Freien und konnten auch hier den Einfluss der relativen Feuchtigkeit beobachten, wie sich eindeutig aus den Zahlen der Tabelle 8 ergibt:

Tabelle 8.

Radiothorkollektor im grossen Eisenkäfig (Anfang Juni).

Relative Feuchtigkeit in %	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Voltaeffekt in Volt . .	0,84	0,87	0,94	1,08	1,11	1,18	1,30

Die Messungen verteilen sich nahezu über alle 24 Stunden des Tages, die Luftfeuchtigkeit wurde mit Assmann's Aspirations-Psychrometer bestimmt. Die Werte der Tabelle 8 stellen Mittel von jeweilen vier bis acht Messreihen dar, die aus je sechs bis zehn Einzelablesungen bestehen. Es ergibt sich aus Tabelle 8 eine ganz deutliche Beziehung des Voltaeffektes zur relativen Feuchtigkeit, die in diesem Falle nahezu linearen Charakter hat.

Da der Voltaeffekt, wie die Versuche an den kleinen Käfigen gezeigt haben, in ausserordentlichem Masse von der Beschaffenheit der Metalloberfläche abhängig ist, war zu befürchten, dass er an

verschiedenen Stellen des Käfigs verschiedene Werte annehmen könnte und dass auch seine Abhängigkeit von der relativen Feuchtigkeit der Luft verschieden sein könnte. Deshalb wurden auch noch weitere Käfigstellen in gleicher Weise untersucht. Das Resultat liegt in der Figur 3 vor.

Aus Figur 3 lässt sich deutlich erkennen, dass tatsächlich der Voltaeffekt an verschiedenen Stellen des verwendeten Käfigs

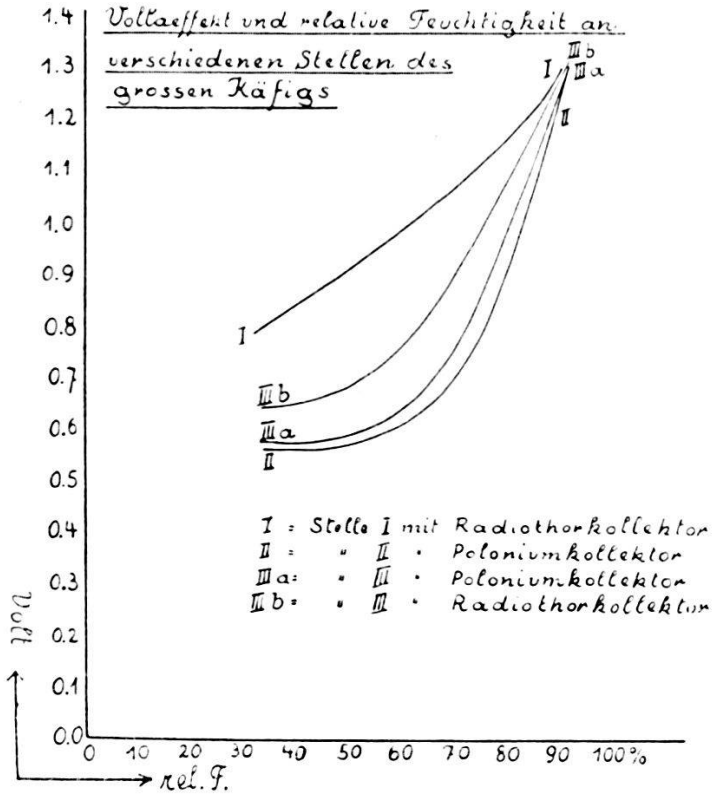

Fig. 3.

verschiedene Werte annimmt, und dass auch die Beziehung zur relativen Feuchtigkeit an den verschiedenen Stellen verschieden ist. Bei extremen Werten der Feuchtigkeit nähern sich die für die einzelnen Untersuchungsstellen gefundenen Kurven, bei etwa 60% relativer Feuchtigkeit sind ihre Unterschiede am grössten und betragen mehr als 0,4 Volt. Der Kollektor scheint zwar nicht von ausschlaggebendem Einflusse zu sein, aber immerhin weisen die beiden Kurven, die beide an derselben Käfigstelle, die eine mit Poloniumkollektor, die andere mit Radiothorkollektor, gewonnen wurden, doch gewisse Unterschiede auf. Die Verschiedenheiten sind wahrscheinlich auf das etwas verschiedene hygroskopische Verhalten der beiden Kollektorüberzüge zurückzuführen (vgl. Tabelle 7).

Schlussfolgerungen.

Durch die oben dargestellten Messresultate ist festgestellt, dass der Voltaeffekt Metall/Luft/Metall bei unreiner Metalloberfläche von der relativen Feuchtigkeit beeinflusst wird und dass die Abhängigkeit je nach dem Oxydationszustand oder den sonstigen Verunreinigungen (Staubablagerung usw.) an der Oberfläche verschieden ist. Diese Erscheinungen müssen mit den hygroskopischen Eigenschaften der Oberflächenschichten zusammenhängen und sind wahrscheinlich auf mehr oder weniger starke

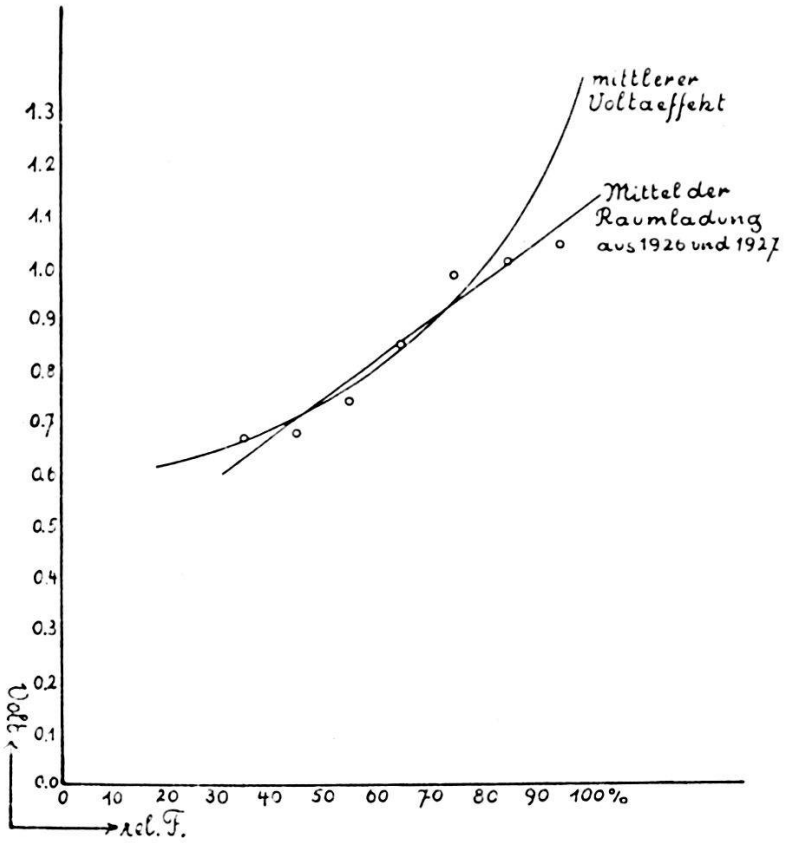

Fig. 4.

Anreicherung von Feuchtigkeit auf der Metalloberfläche bezw. auf eine verschiedene Ausbildung der Wasserhaut zurückzuführen. Das Vorzeichen der Variation des Voltaeffektes stimmt mit den bisherigen Erfahrungen auf diesem Gebiete überein.

Da der Voltaeffekt und seine Variationen ganz in die Raumladungsmessungen nach der Thomson'schen Käfigmethode eingehen, wurde an Hand des reichhaltigen Davoser Materials der Einfluss der Feuchtigkeit auf die scheinbare Raumladung $\varrho_v' = \varrho_v + \mathrm{VE}$ (ϱ_v und ϱ_v' Raumladung ausgedrückt in Volt, VE = Voltaeffekt in Volt) untersucht. Zur Untersuchung wurden nur die an den drei Terminzeiten beobachteten Werte der Normaltage hinzugezogen; bei Niederschlägen, Nebel und dergleichen

treten so grosse reelle Raumladungen auf, dass der Feuchtigkeitseinfluss verwischt würde. Die ϱ'-Werte wurden nach Stufen von je 10% der relativen Feuchtigkeit zusammengefasst. Die gewonnenen Zahlen können auf keine sehr grosse Genauigkeit Anspruch erheben, da die Feuchtigkeitswerte nur mittels Haarhygrometer bestimmt wurden, genügen aber für unseren Zweck vollkommen. Die Werte von ϱ_v' (ausgedrückt in Volt) sind in Figur 4 aufgetragen.

Man sieht eine sehr deutliche Beziehung zwischen ϱ_v' und der relativen Feuchtigkeit, und der Schluss ist sehr naheliegend, dass diese Beziehung von ϱ_v' nicht reell, sondern vom Voltaeffekt vorgetäuscht ist, der schon an sich dieselbe Abhängigkeit besitzt. Da nicht nur der Verlauf, sondern auch die Grösse der Raumladung (in Volt) ungefähr den Werten des Voltaeffektes entspricht, muss die wirkliche Raumladung $\varrho_v = \varrho_v' - VE$ im Mittel ungefähr gleich Null werden. Messungen der Raumladung nach anderen Methoden, Daunderer[1]), Norinder[2]), Gockel[3]), Obolensky[4]), geben in der Tat auch Mittelwerte der Raumladung, die nahe bei Null liegen, und somit ist die bisher bestehende Diskrepanz zwischen den Bestimmungen nach der Käfigmethode und den nach den anderen Methoden auf den fälschenden Einfluss des Voltaeffektes und seiner Variationen zurückzuführen.

Die Verwendung der Thomson'schen Käfigmethode ist somit wegen der Variation der Voltadifferenz zwischen Potentialsonde und Käfigmaterial sehr beschränkt.

Es erscheint nun nicht aussichtslos, die Versuchsanordnung so auszubilden, dass man Käfig und Sonde aus dem gleichen Material herstellt und dass der Voltaeffekt am Käfig selbst gleichzeitig mit der Raumladungsmessung bestimmt wird, sodass die entsprechende Voltadifferenz alsdann von dem Raumladungswert in Abzug gebracht werden kann.

---

[1]) Diss. Techn. Hochschule München, 1908; Mt. ZS. **26**, 301, 1909.
[2]) Geograf. Ann., **1**, 1921.
[3]) Denkschr. Schweiz. Nat. Ges., **54**, 1917.
[4]) Ann. d. Phys. (4), **77**, 644, 1925.