

Werk

Jahr: 1930

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:6

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0006

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0006

LOG Id: LOG_0085

LOG Titel: Ein neues Verfahren der luftelektrischen Raumladungsmessung

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

¹²⁾ J. Prelipcean: Zum Staubfall vom 26. bis 28. April 1928 in Osteuropa. Bul. Fac. de Ştiinţe din Cernăuţi, Bd. III, H. 2, 1929.

¹³⁾ I. Cuculescu und A. Schmidt: Chemische Analyse des in der Nacht 16./17. Februar 1929 über Cernăuţi niedergegangenen staubhaltigen Schnees. Bul. Fac. de Ştiinţe din Cernăuţi, Bd. III, H. 1, 1929.

¹⁴⁾ J. Strzetelski: Obserwacja opadu pyłu glebowego z lat ubiegłych. Przyroda i Technika, rok VIII, zes. 2. Lwów 1929.

¹⁵⁾ J. Nowak: Zur geologischen Deutung des Staubfalles in Polen im Jahre 1928. V. Jahrg. d. Poln. Geol. Ges. Kraków 1928.

¹⁶⁾ D. Swiatskij (Red.): Staubsturm und schwarze Regen den 26. bis 27. April 1928 (russisch). Mirowiedienje, Bd. 17, Nr. 5, 1928.

Lwów, Geophysikalisches Institut d. Universität Lwów, 12. Juni 1930.

Ein neues Verfahren der luftelektrischen Raumladungsmessung

Von A. Wigand, J. Schubert und E. Frankenberger*) — (Mit 1 Abbildung)

Aufgabe. Bei einigen neueren Problemen der luftelektrischen Forschung, wie Nebelladung und Erdfeldschwankungen, tritt das Bedürfnis auf nach einem bequemen Meßverfahren, das gestattet, die Raumladung schnell zu messen und schnelle Raumladungsschwankungen richtig zu erfassen. Dazu sind sämtliche bisherigen Methoden ungeeignet: Die Messung der Differenz des positiven und negativen Ionengehalts oder der Aufladung eines luftdurchstrichenen Filters erfordert zu lange Versuchsdauer; die Käfigmethode ist mit beträchtlichen systematischen Fehlern behaftet, besonders bei Nebel; für die Bestimmung der Raumladung aus der vertikalen Änderung des Potentialgefälles braucht man nach dem bisher üblichen Verfahren zwei Potentialmessungen, die gleichzeitig mit zwei Elektrometern ausgeführt werden müssen, wenn man schnelle Schwankungen erfassen will, wodurch sowohl die subjektive Ablesung wie die objektive Registrierung unerwünscht kompliziert wird.

Man kann aber die Messung der vertikalen Änderung des Potentialgefälles für schnelle und bequeme Raumladungsmessung so gestalten, daß nur ein Elektrometer verwendet zu werden braucht, wenn man ein Zweifadenelektrometer mit isoliertem Innenkonduktor und drei Schnellkollektoren benutzt. Die Kollektoren werden mit gleichem Abstand a (Figur) übereinander angeordnet und so geschaltet, daß der mittlere (2) an den Elektro-

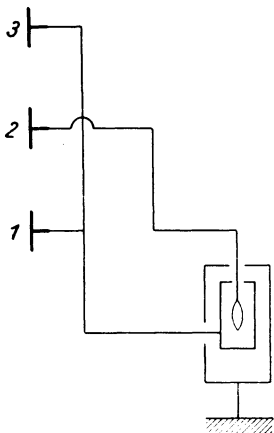


Fig. 1

*) Zur Ad. Schmidt-Festschrift gehörig.

meterfäden, der untere (1) und obere (3) zusammen am Innenkonduktor des Elektrometers liegen, während das Elektrometergehäuse geerdet wird. Dann ist, wenn die Kollektorleitwerte λ und Kapazitäten c noch gewisse Bedingungen erfüllen, die vom Elektrometer angezeigte Potentialdifferenz proportional der Raumladung.

Theorie. Die Poisson-Gaußsche Gleichung der Potentialtheorie

$$4\pi\rho = -\frac{d^2V}{dh^2}$$

verknüpft die Raumladung ρ mit der vertikalen Änderung des Potentialgefälles dV/dh . Ist ρ im Meßbereich örtlich konstant, und macht man $dh = a$, so erhält man ρ durch Differenzenbildung der drei Potentialwerte V der drei Kollektoren:

$$\rho = -\frac{1}{4\pi} \frac{(V_3 - V_2) - (V_2 - V_1)}{a^2} = \frac{1}{2\pi a^2} \left(V_3 - \frac{V_3 + V_1}{2} \right).$$

Die Messung von ρ kann sich also auf eine Potentialdifferenz beschränken, wenn man V_2 an die Elektrometerfäden legt und dafür sorgt, daß am Innenkonduktor der Potentialmittelwert $\frac{V_3 + V_1}{2}$ liegt. Dies läßt sich erreichen, wenn man die Kollektoren 1 und 3 zusammen mit dem Innenkonduktor verbindet und ihre Leitwerte einander gleich macht: $\lambda_1 = \lambda_3$. Denn, da man den Kollektor als Widerstand ($w = 1/\lambda$) auffassen kann, gilt bei der verwendeten Schaltung, wenn i der Strom von 3 nach 1 ist, für das am Konduktor liegende Potential V_x :

$$\begin{aligned} i w_3 &= V_3 - V_x \\ i w_1 &= V_x - V_1 \\ w_3 &= w_1 \\ V_x &= \frac{V_3 + V_1}{2}. \end{aligned}$$

Damit bei dieser Art der Raumladungsmessung die angezeigte Potentialdifferenz nur von der Raumladung und nicht vom Erdfeld abhängt, ist die Apparatur an einem Orte aufzustellen, wo der horizontale Verlauf der Äquipotentialflächen nicht gestört ist. Und zur Ausschaltung des Einflusses der Schwankungen des Erdfeldes müssen die beiden Meßsysteme (2) und (3, 1) den auf sie gleichartig wirkenden Feldschwankungen streng gleichzeitig, wenn auch mit Nachhinken, folgen; ihre Trägheit muß also gleich gemacht werden. Die Bedingung hierfür findet man folgendermaßen:

Der Leitwert eines Kollektors (gemessen als Stromstärke pro Einheit der Potentialdifferenz) ist:

$$\lambda = c \frac{dV}{dt} \cdot \frac{1}{V_0 - V}.$$

c ist die Kapazität des Systems, V das Potential zur Zeit t , V_0 das Endpotential, das beim Ausgleichsvorgang erreicht wird. Die Integration ergibt:

$$\frac{V_0 - V}{V_0} = e^{-\frac{\lambda}{c} t}$$

Das Trägheitsmaß ist c/λ . Denn bezeichnet man die Zeit bis zum Ausgleich der anfänglichen Potentialdifferenz bis auf 5% als „Ladezeit“ t_l , und die Zeit bis zum halben Ausgleich als „Halbwertszeit“ t_h , so ist:

$$\begin{array}{l|l} 0.05 = e^{-\frac{\lambda}{c} t_l} & 0.5 = e^{-\frac{\lambda}{c} t_h} \\ t_l = 3.00 \cdot \frac{c}{\lambda} & t_h = 0.695 \cdot \frac{c}{\lambda} \\ \frac{t_l}{t_h} = 4.32. & \end{array}$$

Eine Schwankung des Erdfeldes wird also von zwei verschiedenen Meßsystemen gleichzeitig mitgemacht, wenn c/λ für beide Systeme gleich ist. In unserem Falle muß also

$$\frac{c_2}{\lambda_2} = \frac{c_{3,1}}{\lambda_3 + \lambda_1}$$

gemacht werden. Zur Erfüllung dieser Bedingung sind die Kapazitäten c_2 (für Kollektor 2 mit Verbindungsleitung und Elektrometerfäden), $c_{3,1}$ (für die Kollektoren 3 + 1 mit Verbindungsleitung und Innenkonduktor) abzugleichen, wenn die drei Leitwerte der Kollektoren $\lambda_3 = \lambda_1$ und λ_2 gegeben sind.

Will man zeitliche Änderungen der Raumladung unverzerrt durch die Kollektorträgheit messen, so muß man die Ladezeit des Kollektorsystems so einrichten, daß die Dauer der Raumladungsschwankungen groß wird gegen die Ladezeit. Die Bedingung lautet genauer*):

$$dt \gg t_l \cdot \frac{d\varrho}{\varrho}$$

Ist beispielsweise (wie bei einer unserer Anordnungen) $t_l = 1$ sec und die Meßgenauigkeit 10%, so werden 100%ige ϱ -Schwankungen aufgezeichnet:

- bei 10 sec Dauer unverzerrt,
- „ 1 „ „ noch quantitativ mit korrigierbarer Trägheit,
- „ 0.1 „ „ noch qualitativ.

10%ige ϱ -Schwankungen werden bei 1 sec Dauer unverzerrt aufgezeichnet.

*) Den strengen Beweis für diese und die vorstehenden Schwankungsbedingungen wird J. Schubert an anderer Stelle veröffentlichen.

Apparatur. Als Kollektoren kommen nur schnellwirkende in Betracht, also entweder kräftige radioaktive [wie die Radiothorkollektoren*)] oder Flüssigkeitszerstäuber mit kombiniertem Saug-Druckantrieb**).

Der Radiothorkollektor ist zwar in der Handhabung viel bequemer als der Zerstäuber. Es stört bei ihm aber für den vorliegenden Zweck, da der Leitwert λ bestimmte Bedingungen erfüllen muß, die Abhängigkeit des Leitwertes von der Windstärke. Nur für stärkere Winde (17 bis 27 m/sec), die am Boden selten vorkommen, konnte bis jetzt durch geeignete Formgebung der Leitwert unabhängig von der Windstärke gemacht werden. Daher sind radioaktive Kollektoren bei merklicher Windänderung mit der Höhe und bei grob-turbulenter Strömung für die Raumladungsmessung nicht brauchbar; sie können aber doch für Strahlungsnebel, bei dem mit stabiler Temperaturschichtung meist schwache, gleichmäßige, nahezu laminare Strömung herrscht, unbedenklich verwendet werden.

Der Zerstäuberkollektor hat zwar häufige Wartung nötig, kann aber mit windkonstantem Leitwert betrieben werden und hat zudem den Vorteil, daß man durch Verstellung der Düse an der Spitze und durch Einstellung des Betriebsdruckes die Feinheit der Zerstäubung und damit den Leitwert innerhalb gewisser Grenzen regulieren kann. Als Flüssigkeit wird Wasser, bei Frost Spiritus verwendet. Der Inhalt des Kollektorgefäßes von 1.5 Liter reicht bei einem Leitwert von $5 \cdot 10^{-11}$ Amp/Volt etwa für 15 Minuten aus. Zum Antrieb der Kollektoren dient komprimierter Wasserstoff, dessen Druck sich am Reduzierventil der Stahlflasche regulieren läßt.

Ein etwa 3 m hoher Stab ist der Träger der drei Kollektoren die, mit einem Höhenabstand von je 1 oder $1/2$ m, seitlich 40 cm entfernt von dem Stabe angebracht werden können; in diesem seitlichen Abstände ist, wie eine besondere Untersuchung zeigte, das Feld nicht mehr durch den Stab gestört. Der Stab läßt sich je nach der herrschenden Windrichtung drehen. Die Radiothorkollektoren müssen nämlich in Luv des Stabes stehen, wenn die von ihnen abtreibenden Ionenfahnen die Äquipotentialflächen nicht verzerren sollen. Die Zerstäuberkollektoren dagegen müssen in Lee des Stabes stehen, damit ihre Tropfenstrahlen mit dem Winde von der Apparatur fortgetrieben werden und die Isolation nicht durch Nässe stören.

Für Isolation der Kollektoren auch bei nässendem Nebel wird gesorgt durch Zwischenschaltung von Hartgummi- und Bernstein-Isolatoren, die bis auf Luftschlitze eingekapselt sind und bei Bedarf mit metallischem Natrium getrocknet werden. Das Elektrometer ist zur Isolierung in einen Holzkasten eingebaut, der durch Heizung mit einer Glühlampe innen trocken gehalten wird. Ein Kontrollversuch bei trockenem Wetter mit konstantem Potential zeigte keine Änderung

*) A. Wigand und T. Schlomka: Ann. d. Phys. **75**, 279, 1924; Z. F. M. **15**, 153 und 185, 1924; A. Wigand und H. Kircher: Gerlands Beitr. **17**, 379, 1927.

***) G. Lutze: Verh. d. D. Physik. Ges. **15**, 1100, 1913; Physik. Zeitschr. **14**, 1148, 1913; E. Everling: Verh. d. D. Physik. Ges. **16**, 240, 1914; E. Everling und A. Wigand: Ann. d. Phys. **66**, 261, 1921.

des Elektrometersauschlags, wenn die Apparatur mit einem Zerstäuber naß gemacht wurde, so daß damit sowohl die Güte der Isolation wie auch die Vermeidung einer Feldverzerrung durch Oberflächenleitung erwiesen war.

Wie die für λ und c gestellten Bedingungen

$$\lambda_3 = \lambda_1 \quad \text{und} \quad \frac{c_2}{\lambda_2} = \frac{c_{3,1}}{\lambda_3 + \lambda_1}$$

bei erprobten Anordnungen erfüllt wurden, kann man an folgenden Beispielen sehen:

Radiothorkollektoren: $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 2.0 \cdot 10^{-11}$ Amp/Volt,

$$c_2 = 20 \text{ cm} = 20 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12} \text{ Farad,}$$

$$c_{3,1} = 40 \text{ cm} = 40 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12} \text{ " ,}$$

$$\frac{c_2}{\lambda_2} = \frac{20 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12}}{2.0 \cdot 10^{-11}} = 1.1 \text{ sec,}$$

$$\frac{c_{3,1}}{\lambda_3 + \lambda_1} = \frac{40 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12}}{2.0 + 2.0 \cdot 10^{-11}} = 1.1 \text{ sec,}$$

$$\text{Ladezeit } t_l = 3.0 \cdot \frac{c}{\lambda} = 3.3 \text{ sec.}$$

Zerstäuber Kollektoren: $\lambda_1 = \lambda_3 = 3.8 \cdot 10^{-11}$ Amp/Volt,

$$\lambda_2 = 6.0 \cdot 10^{-11} \text{ Amp/Volt,}$$

$$c_2 = 24 \text{ cm} = 24 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12} \text{ Farad,}$$

$$c_{3,1} = 30 \text{ cm} = 30 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12} \text{ " ,}$$

$$\frac{c_2}{\lambda_2} = \frac{24 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12}}{6.0 \cdot 10^{-11}} = 0.44 \text{ sec,}$$

$$\frac{c_{3,1}}{\lambda_3 + \lambda_1} = \frac{3.0 \cdot 1.11 \cdot 10^{-12}}{3.8 + 3.8 \cdot 10^{-11}} = 0.44 \text{ sec,}$$

$$\text{Ladezeit } t_l = 3.0 \cdot \frac{c}{\lambda} = 1.3 \text{ sec.}$$

Messungen. Als Beispiele für die Ausführung der Raumladungsmessungen sollen die Ergebnisse zweier Versuche bei Nebel mit Angabe der Meßgenauigkeit hier folgen. Die am Elektrometer in Volt abgelesene Spannung ist

$$V = V_2 - \frac{V_3 + V_1}{2}.$$

Die Raumladung ist dann:

$$\rho = \frac{V}{300 \cdot 2 \pi a^2} \text{ ESE/cm}^3 = \frac{V}{300 \cdot 2 \pi a^2 \cdot 4.77 \cdot 10^{-10}} \text{ Elementarladungen/cm}^3.$$

Sind die Bedingungen für λ und c hinreichend genau erfüllt und die Kollektorabstände auf 1 mm genau eingehalten, so ist für die Meßgenauigkeit nur die Genauigkeit der Spannungsmessung maßgebend. Bei den angeführten Versuchen ist noch nicht auf Erreichung einer möglichst großen Meßgenauigkeit Wert gelegt worden.

Versuch mit Radiothorkollektoren:

$$a = 1 \text{ m,}$$

$$V = -71 \pm 1 \text{ Volt,}$$

$$\varrho = -3.75 \cdot 10^{-6} \text{ ESE/cm}^3 = -7900 \pm 110 \text{ Elementarladungen/cm}^3.$$

Versuch mit Zerstäuberkollektoren und Variierung des Kollektorabstandes a :

1. $a = 1 \text{ m,}$

$$V = -11.0 \pm 0.5 \text{ Volt,}$$

$$\varrho = -0.58 \cdot 10^{-6} \text{ ESE/cm}^3 = -1220 \pm 55 \text{ Elementarladungen/cm}^3.$$

2. $a = 0.5 \text{ m,}$

$$V = -3.0 \pm 0.5 \text{ Volt,}$$

$$\varrho = -0.64 \cdot 10^{-6} \text{ ESE/cm}^3 = -1330 \pm 220 \text{ Elementarladungen/cm}^3.$$

Innerhalb der Versuchsfehler ist also die Raumladung im Meßbereich örtlich konstant, und die Spannung V ist gemäß der ϱ -Formel proportional dem Quadrat des Kollektorabstandes a . —

Der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft danken wir für Unterstützung dieser Arbeit.

Hamburg, Meteorologisches Institut der Universität, verbunden mit der Meteorol. Versuchsanstalt der Deutschen Seewarte, im Juni 1930.

Kurze Erwiderung auf Vegards Bemerkungen über sonnenbelichtete Nordlichtstrahlen

Von Carl Störmer — (Mit 3 Abbildungen)

In einem Aufsatz über sonnenbelichtete Nordlichtstrahlen, der in Heft 1, 1930, dieser Zeitschrift veröffentlicht wurde, richtet L. Vegard starke Einwendungen gegen die Schlüsse, die Moxnes und ich von den von uns aufgenommenen Nordlichtspektren gezogen haben*).

Da seine Kritik wahrscheinlich auf Mißverständnissen beruht, dürfte eine kurze Erwiderung berechtigt sein**).

Die in unserem Artikel wiedergegebenen Spektren machen vielleicht den Eindruck, den Vegard hervorhebt, daß das gewöhnliche Nordlichtspektrum stark überexponiert sei, während das Spektrum der sonnenbelichteten Nordlichtstrahlen so unterexponiert wäre, daß die grüne Nordlichtlinie eben oberhalb des

*) C. Störmer: Sonnenbelichtete Nordlichtstrahlen. Diese Zeitschr. 5, 177 (1929).

***) Siehe auch C. Störmer: Spectrum of the sunlit aurora rays. Nature vom 1. März 1930.