Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität

Nr. 66

Experimentelle Untersuchungen über die Charakteristik des Stromes in schwach ionisierten Gasen

Von

Walter Schlenck

Aus dem physikalischen Institute der Universität Innsbruck

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Februar 1924)

1. Einleitung.

Die theoretischen Untersuchungen von E. Schweidler[1] in schwach ionisierten Gasen, die unter der Voraussetzung geführt sind, daß im feldlosen Raume die Gleichung:

$$\frac{dn}{dt} = 0 = q - \beta' n$$

gilt, wobei β' die »Verschwindungskonstante« bedeutet, zeigen, daß zwischen Leitfähigkeit und Stromdichte eine lineare Beziehung bestehen muß und daß β' sich aus der Halbierungsspannung H und den Dimensionen der benützten Kondensatoren bestimmen läßt. Mit H ist hiebei diejenige Spannung bezeichnet, bei der $\lambda/\lambda_0 = i/S = {}^1/_2$ wird.

Im Anschlusse daran wurden die nachfolgend beschriebenen Versuche angestellt, die den Zweck hatten, mit geeigneter Versuchsanordnung die Funktion $\lambda = f(i)$ darzustellen und diese Methode auf die Bestimmung der Größe β' anzuwenden.

2. Versuchsanordnung.

Um zu genauen Resultaten zu gelangen, war es notwendig, alle konvektiven Ströme fernzuhalten und Luftzirkulationen zu vermeiden. Es wurden deshalb die Versuche mit einem geschlossenen Zylinderkondensator angestellt. Als Meßinstrument diente ein Quadrantelektrometer in Quadrantschaltung. Die konstante Hilfsladung der Nadel betrug zirka 240 Volt, die Spannungsempfindlichkeit ergab sich als 177 partes/Volt; dem Ausschlage von 1 *mm* entsprach auf Grund der Bestimmung mittels eines Harms-Kondensator eine Ladung von $3 \cdot 727.10^6$ Elementarquanten ($e = 4 \cdot 8.10^{-10}$ e. st. E. angenommen). Das eine Quadrantenpaar war ständig geerdet, vom anderen war eine Zuleitung zur stabförmigen Innenelektrode geführt.

[1] E. Schweidler, Diese Sitzungsber., *133*, p. 23.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ferner war eine auslösbare Erdungsvorrichtung unter Benützung eines Quecksilberkontaktes angebracht. Die Innenelektrode des Kondensators, die aus Eisen galvanisch vermessingt bestand, war mittels eines Bernsteinstückes zentrisch in den Zinkzylinder hineingehängt, jedoch so fixiert, daß Kapazitätsveränderungen nicht auftraten. Die Dimensionen des Kondensators betrugen: Radius des Zinkzylinders $A = 7 \cdot 8$ *cm*, des Stabes $a = 0 \cdot 26$ *cm*, die Gesamtlänge war 60 *cm*. Die Zuleitung zum Elektrometer, die Erdungsvorrichtung und der Kondensator selbst waren sorgfältig durch geerdete Umhüllungen elektrostatisch geschützt, so daß jede Einwirkung auftretender Konvektivströme verhindert war. Die Isolationen bestanden durchwegs aus Bernstein und waren als sehr gut zu bezeichnen. An die Außenelektrode des Kondensators konnte durch eine in Potentiometerschaltung gelegte Batterie von 23 Leclanché-elementen unter Verwendung eines Westonmillivoltmeters jede beliebige Spannung bis etwa 32 Volt angelegt werden. Es war dadurch möglich, fast immer Maximalstromwerte von mindestens 95% der Sättigung zu erzielen, außer in Fällen sehr starker Ionenadsorption, bei denen mit einer Spannung von 32 Volt nur 80 bis 90% der tatsächlichen Sättigung erreicht werden konnte.

Die Stromdichte wurde auf die Weise gemessen, daß an den Zylinderkondensator eine bekannte Spannung angelegt wurde, während die Innenelektrode geerdet war; nach einer Zeit von zirka 5 Minuten, wenn im Ionisationsraume stationärer Zustand eingetreten war, wurde die Erdung aufgehoben und dann die Wanderungsgeschwindigkeit der Elektrometernadel über eine bestimmte Anzahl von Skalenteilen mittels der Stoppuhr gemessen. Es ist dann gemäß dem Ausdrucke: $i = C \cdot \frac{dV}{dt}$ der Strom proportional der beobachteten Geschwindigkeit der Aufladung des Systems Elektrometer+Zylinderkondensator. Die angelegte Spannung E, vermindert um das durch die Verschiedenheit der Metalle (Zink, Messing) der Elektroden des Kondensators bedingte Kontaktpotential, und der ermittelte Wert der Stromdichte i in elektrostatischen Einheiten ausgedrückt ergeben durch Bildung ihres Quotienten i/E multipliziert mit der »Widerstandskapazität« $\Gamma = \frac{1}{4\pi C}$ die spezifische Leitfähigkeit λ. Daraus läßt sich dann $\lambda = f(i)$ darstellen.

Die andere Aufgabe der Versuche war, die Verschwindungskonstante β' auf diesem Wege zu bestimmen. Unter der Annahme, daß die Ionenbeweglichkeit konstant bleibt, was ohne bedeutende Fehler bei wenig veränderten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen geschehen darf, konnte aus den Größen E, i und S der Wert β' abgeleitet werden. Für einen Zylinderkondensator gilt der Ausdruck:

$$\beta' = \frac{4\,vH}{(A^2 - a^2)\,\log\text{nat}\,\frac{A}{a}}.$$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es soll noch kurz erörtert werden, welche Fehlergenauigkeit sich erreichen ließ. Es wurde für Werte nahe dem Sättigungsstrome über 20 Skalenteile, sonst über 10 Skalenteile beobachtet. Wird angenommen, daß vornehmlich durch α-Strahlen die Ionisation der Luft bewirkt worden sei und ein α-Partikel etwa $1 \cdot 85 . 10^5$ Ionenpaare erzeuge, so ergibt sich, daß bei der angegebenen Ladungsempfindlichkeit des Elektrometers von $3 \cdot 727 . 10^6$ Elementarquanten etwa 402, beziehungsweise 201 α-Partikel während der Aufladungsdauer emittiert werden. Die reziproken Wurzelwerte daraus geben die mittlere relative Zerfallsschwankung und einen mittleren Fehler von q im Betrag von $5\,^0/_0$, beziehungsweise $7\,^0/_0$. Die Errechnung der Werte für β' geschahen unter Annahme der gleichbleibenden Größe für die Ionenbeweglichkeit[1] in feuchter Luft: $2v = v_+ + v_- =$ $= 1 \cdot 51 + 1 \cdot 36 = 2 \cdot 87 =$ rund $2 \cdot 9 \; \frac{cm}{\sec} \Big/ \frac{\text{Volt}}{cm}$ Auftretende Schwankungen dieser Größe dürften im Verlaufe der kurzen Zeit einer Messung (ungefähr 1 Stunde) zu vernachlässigen sein; doch werden kleine Abweichungen im Vergleich der verschiedenen Tageswerte untereinander nicht vermeidbar sein. Es wurden weiters bei der Mehrzahl der Messungen auch Staubzählungen mit einem Aitkenapparat vorgenommen; das Instrument war in entgegenkommender Weise vom Vorstand des Instituts für kosmische Physik Prof. A. Defant zur Verfügung gestellt worden. Der Zweck dieser gleichzeitigen Beobachtungen war die Prüfung, ob die Größe β' tatsächlich in erster Annäherung von der Anzahl der vorhandenen Adsorptionskerne abhängig ist.

3. Versuchsergebnisse.

a) Aufnahme von $\lambda = f(i)$.

Zur Untersuchung, welche Beziehung zwischen Leitfähigkeit und Stromdichte besteht, wurde die Charakteristik der ionisierten Luft an 17 verschiedenen Tagen aufgenommen, und zwar durchschnittlich aus 10 Werten, wobei bis auf wenige Prozent an die Extremfälle $i = S$ und $i = 0$ herangegangen wurde. Daraus konnte dann graphisch $\lambda = f(i)$ dargestellt werden. In allen diesen Fällen blieb der Verlauf der Funktion innerhalb der Fehlergrenzen ausgesprochen linear. In nachfolgender Tabelle ist ein Beispiel herausgegriffen, aus dem die gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Werten ersichtlich ist. Die Messung ist vom 28. Juli 1923.

Die gleiche Beobachtung wurde auch bei zahlreichen anderen Messungen gemacht, bei denen nur 3 oder 4 Werte der Charakteristik aufgenommen wurden. Die empirisch gefundenen Resultate ergeben demnach die volle Bestätigung der von E. Schweidler aufgestellten

[1] R. Seeliger in Graetz, Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Bd. III, p. 363, 1920.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$i \cdot S$	λ/λ_0 beobachtet	λ/λ_0 berechnet
$0 \cdot 03_5$	$0 \cdot 95_8$	$0 \cdot 96_5$
0·11	0·89	0·89
0·18	0·75	0·72
0·31	0·68	0·69
0·41	0·57	0·59
0·60	0·39	0·40
0·70	0·29	0·30
0·77	0·22	0·23
0·84	0·18	0·16
0·88	0·10	0·12
0·94	0·07	0·06

Gleichung der Charakteristik schwach ionisierter Gase bei linearer Wiedervereinigung.

b) Bestimmung der Größe β'.

Die beschriebene Versuchsanordnung hat sich als gut geeignet zur Bestimmung der Verschwindungskonstante erwiesen. Die Messungen wurden zum kleineren Teil während der Sommermonate gemacht, die Mehrzahl fällt in die Monate Dezember und Jänner. Der Versuchsraum war während dieser Zeit meist geheizt und die Fenster geschlossen. Die nachfolgende Tabelle gibt zusammengefaßt eine Übersicht über die erhaltenen Mittelwerte der Halbierungsspannung H in Volt, der Werte β', der Ionisierungsstärke q, der Ionenzahl n und der Anzahl A der Adsorptionskerne:

Anzahl der Beobachtungen	H	$\beta' \cdot 10^3$	q		A	Bemerkung
8	5·0	153·1	46·6	304	>30.000	Im Versuchsraum Rauch vorhanden
13	2·7	82·8	45·9	554	20.000—30.000	Im Freien dichte Nebelbildungen
10	1·7	52·1	47·8	917	10.000—20.000	Klare Tage
3	0·94	28·8	44·3	1538	<10.000	Föhntage

Unter Einbeziehung auch der Messungen, die ohne Staubzählungen vorgenommen wurden, jedoch unter Fortlassung der in der Tabelle an erster Stelle angeführten acht Werte, bei denen die Adsorptionskernzahl künstlich vermehrt war, ergibt sich im Mittel aus 37 Beobachtungen:

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$$H = 2 \cdot 3, \ \beta' = 70 \cdot 5 . 10^{-3}, \ q = 46 \cdot 6, \ n = 661$$

mit den Extremen für H und β':

$$\text{Maximum: } H = 3 \cdot 8, \quad \beta' = 116 \cdot 4 . 10^{-3}, \ q = 47 \cdot 1, \ n = 405$$
$$\text{Minimum: } H = 0 \cdot 88, \ \beta' = 27 \cdot 0 . 10^{-3}, \ q = 45 \cdot 2, \ n = 1674.$$

Der Mittelwert für β' ist etwas höher als der von E. Schweidler[1] angegebene, doch ist die Übereinstimmung bezüglich der Größenordnung sehr gut. q ist durch die Eigenstrahlung des Ionisationsgefäßes in erster Linie bestimmt.

Es soll schließlich hier noch der aus den Beobachtungen errechnete Korrelationsfaktor zwischen β' und der Anzahl der Adsorptionskerne mitgeteilt werden. Trotz der Fehlerquellen, die den Versuchen anhaften und die besonders bei den Staubzählungen nicht unbedeutend sind, ist der Korrelationsfaktor $r = 0 \cdot 84 \pm 0 \cdot 097$ Daraus ist ersichtlich, daß die Verschwindungskonstante von der Anzahl der Adsorptionskerne abhängt, im Gegensatz zu Resultaten von A. D. Power.[2]

4. Zusammenfassung.

Es wurde in einem Zylinderkondensator als Ionisationsgefäß unter Verwendung eines Quadrantelektrometers die Strom-Spannungskurve aufgenommen und daraus durch Darstellung der Funktion $\lambda = f(i)$ gefunden, daß sie der Form der Charakteristik bei linearer Wiedervereinigung entspricht. Die Beobachtungen ließen sich ferner zur einfachen Bestimmung der Verschwindungskonstante β' heranziehen, die Resultate sind in guter Übereinstimmung mit den von E. Schweidler auf wesentlich verschiedenem Wege gefundenen Werten. Vergleichsmessungen mit einem Aitken-Staubzähler bestätigen ferner, daß diese Konstante von der Anzahl der vorhandenen Adsorptionskerne abhängig ist.

---

[1] E. Schweidler, Diese Sitzungsber. *128*, 954, 1919.

A. D. Power, Journ. of Franklin-Inst. 1923, 327

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: 133_2a

Autor(en)/Author(s): Schlenck Walter

Artikel/Article: Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität Nr. 66. Experimentelle Untersuchungen über die Charakteristik des Stromes in schwach ionisierten Gasen. 29-33