

Über den Einfluß der Restgase auf die Schwingungen eines kurzwelligen Elektronenröhrengenerators ¹⁾.

Von M. T. Grechowa in Moskau.

Mit sieben Abbildungen. (Eingegangen am 12. Oktober 1925.)

Es wird ein Elektronenröhrengenerator, der nach dem vom Verf. in der vorhergehenden Arbeit angegebenen Schema erbaut ist und bei dem die Elektronenröhren dauernd mit der Pumpeinrichtung verbunden sind, untersucht. Ein bestimmter Druck wird in den Röhren hergestellt und nach der Methode von Kaufmann und Serowy gemessen. Es ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen Ionenstrom und Druck. Die Abhängigkeit der Wellenlänge und der Intensität der Schwingungen vom Druck der Restgase wird untersucht. Es wird gefunden, daß bei der benutzten Schaltung diese Größen in einem Druckbereiche von $5 \cdot 10^{-8}$ mm Hg bis $1 \cdot 10^{-4}$ mm Hg vom Druck unabhängig sind. Bei höheren Drucken verschwinden die Schwingungen bei etwa $1 \cdot 10^{-3}$ mm Hg. Eine neue Schaltung, die bequemer als die früher angegebene ist und die Erzeugung kürzerer Wellen zu erlauben scheint, wird beschrieben.

Die Untersuchung der Bedingungen, die notwendig sind für die Erzeugung kurzer elektrischer Wellen mit einem Zweiröhrengenerator, wie solcher in der vorhergehenden Arbeit des Verfassers ²⁾ beschrieben worden ist, zeigte, daß diese Bedingungen sowie die Energie der erzeugten Wellen bei Röhren ein und derselben Art, also ein und derselben inneren Beschaffenheit, etwas verschieden ausfielen. Es konnte vermutet werden, daß auf das Entstehen der Schwingungen der Druck der Restgase in den Röhren einen Einfluß ausübt, besonders nachdem Nettleton ³⁾ bei einer Untersuchung des Einflusses von Quecksilberdampf, Luft und Wasserstoff auf die in der Schaltung von Barkhausen und Kurz ⁴⁾ erzeugten Schwingungen gefunden hat, daß in seiner Röhre die Schwingungen in einem Druckbereiche von $5 \cdot 10^{-5}$ mm Hg bis $1 \cdot 10^{-3}$ mm Hg auftraten, bei Drucken aber, die niedriger als $5 \cdot 10^{-5}$ mm Hg waren, verschwanden. Daraus schließt Nettleton, daß die Ursache des Entstehens der von ihm beobachteten Schwingungen den Gasionen zuzuschreiben ist. Andererseits ist die Schaltung, die vom Verfasser zur Erzeugung kurzer elektrischer Schwingungen benutzt worden ist, etwas abweichend von der ursprünglichen Schaltung von Barkhausen und

¹⁾ Diese Arbeit ist auf einer Sitzung der Moskauer Physikalischen Gesellschaft im Februar 1925 vorgetragen worden.

²⁾ M. T. Grechowa, ZS. f. Phys. **35**, 50—58, 1925.

³⁾ Nettleton, Proc. Nat. Acad. Amer. **8**, 353, 1922; in dem Jahrb. d. drahtl. Telegr. **21**, 359, 1923, referiert.

⁴⁾ Barkhausen und Kurz, Phys. ZS. **21**, 1, 1920.

Kurz. Deswegen war es wünschenswert, durch eine spezielle Untersuchung klarzustellen, in welchem Maße bei Benutzung dieser Schaltung der Druck der Restgase einen Einfluß auf das Verhalten der Schwingungen und die Bedingung ihrer Entstehung ausübt. Diese Frage bildet das Thema vorliegender Arbeit.

Die Apparatur. Zwei Elektronenröhren, die zur Erzeugung der Schwingungen dienen¹⁾, und eine Elektronenröhre, mit welcher die Druckmessungen (siehe weiter unten) ausgeführt wurden, waren durch ein weites Glasrohr, ohne jegliche Verengung zum Abschmelzen, mit der Pumpeneinrichtung verbunden. Letztere bestand aus einer Rotationsölluftpumpe P (Pfeiffer), dem Glashahn k , den Kondensations-Glasluftpumpen nach

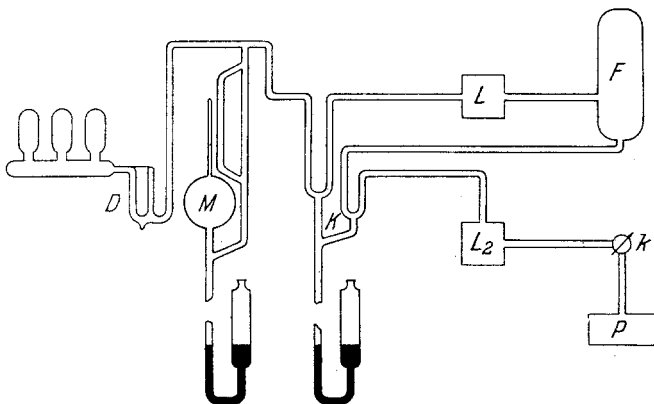


Fig. 1.

Langmuir L_2 und L_1 , dem Glasreservoir F , dem doppelten Quecksilberhahn K , dem MacLeodschen Manometer M und dem Ausfriergefäß D .

Die Pumpen L und L_2 sind in Serie miteinander, mit dem Quecksilberhahn K und dem Reservoir F geschaltet. Dieses Schema erlaubt es, die Pumpe L bei geschlossenem unteren Hahn K , geschlossenem Hahn k und ausgeschalteter Rotationsvorpumpe mehrere Stunden lang ohne Unterbrechung arbeiten zu lassen, wobei das Reservoir F als Vorkuum dient. Dieses Schema ermöglicht, auch beliebige Gasmengen in die zu untersuchenden Röhren einzuführen²⁾.

¹⁾ Siehe S. 50 der vorhergehenden Arbeit.

²⁾ Solch ein Pumpaggregat mit den zwei Langmuirschen Pumpen, dem Vorkuumreservoir und dem doppelten Quecksilberhahn — im Laboratorium von Prof. Dr. W. I. Romanoff ausgearbeitet — bietet große Bequemlichkeiten beim Arbeiten im hohen Vakuum.

Die Druckmessungen. Zu den Druckmessungen diente eine Verstärkerröhre, die folgende Dimensionen hatte: Anodendurchmesser 9 mm, Gitterdurchmesser 3,8 mm, Glühfadendurchmesser 0,049 mm. Die Schaltung, welche zu den Druckmessungen diente, ist in Fig. 2 wiedergegeben: B_1 ist die Heizbatterie, B_2 eine Batterie von 2,6 Volt Spannung, welche die negative Spannung des Gitters lieferte, B_3 die Anodenspannungsbatterie. Letztere Spannung wurde mittels eines Potentiometers variiert.

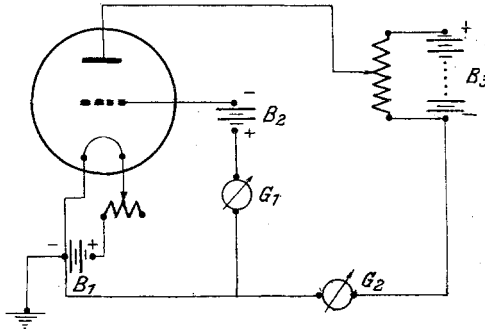


Fig. 2.

Das Mikroamperemeter G_2 (im Nebenschluß) diente zur Messung des Anodenstromes, ein Drehspul-Spiegelgalvanometer G_1 von Siemens & Halske, Empfindlichkeit $8 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt., diente zur Messung des Gitterstromes.

Für diese Schaltung haben Kaufmann und Serowy¹⁾ eine Methode zur Berechnung des Koeffizienten „ k “ in der Formel $p = k \frac{J_g}{J_a}$ angegeben, wo p der Gasdruck in der Röhre, J_g der Gitterstrom (Ionenstrom), J_a der Anodenstrom (Elektronenstrom) ist. Für k geben sie die Formel:

$$k = \frac{1}{(E_a - E'_g) b} \int_{r_g}^{r_a} r f(P) dP,$$

wo $f(P)$ die von Mayer experimentell untersuchte Funktion²⁾ darstellt und

$$P = E'_g + (E_a + E'_g) b \lg_e \frac{r}{r_g}, \quad E'_g = \frac{b(E_g + D E_a)}{D(a + b) + b},$$

$$a = \frac{1}{\lg_e \frac{r_g}{r_0}}, \quad b = \frac{1}{\lg_e \frac{r_a}{r_g}}.$$

¹⁾ W. Kaufmann und Fr. Serowy, ZS. f. Phys. 5, 319, 1921.

²⁾ F. Mayer, Ann. d. Phys. 45, 1, 1914.

D bedeutet den Durchgriff der Röhre, E_a die Anodenspannung, E_g die Gitterspannung, r_g den Radius des Gitters, r_a den Radius der Anode, r_0 den Radius des Glühfadens, p erhält man in mm Hg. Wegen weiterer Einzelheiten sei auf die Arbeit von Kaufmann und Serowy hingewiesen. Kaufmann und Serowy haben den Druck in fertigen, von der Pumpe abgeschmolzenen Röhren gemessen. In vorliegender Arbeit wurde keine besondere Untersuchung der Elektronenröhre als Ionisierungsmanometer vorgenommen, eine Reihe von Vorversuchen gibt aber doch die Möglichkeit, über die Genauigkeit dieser Methode der Druckmessung zu urteilen. Der Ausdruck von p enthält den Durchgriff D der Röhre. Letzterer wurde nach einer der gewöhnlich dazu gebrauchten Meßschaltungen bestimmt. In den Grenzen der Meßfehler erwies sich der Durchgriff bei den Druckmessungen als unveränderlich.

Die Konstante k hängt von mehreren Faktoren ab, unter anderen von der Anodenspannung; so erhält man: $E_a = 50$, $k = 0,505$; $E_a = 75$, $k = 1,504$; $E_a = 100$, $k = 2,33$. Wenn k für verschiedene Anodenspannungen gefunden ist, und man dann für jede dieser Spannungen J_a und J_g mißt, so erhält man mehrere Werte für ein und denselben Druck. In Tabelle 1 sind solche Druckwerte dargestellt. Sie sind für sechs verschiedene Drucke bei drei verschiedenen Anodenspannungen erhalten. Bei ein und demselben Drucke unterscheiden sich diese einzelnen Werte nicht mehr als um 5 Proz.

Tabelle 1.

E_a Volt	Druck mm Hg	E_a Volt	Druck mm Hg
125	$1,3 \cdot 10^{-6}$	125	$2,5 \cdot 10^{-5}$
100	1,3	100	2,45
75	1,25	75	2,6
125	3,55	125	3,20
100	3,50	100	3,15
75	3,50	75	3,10
125	$1,35 \cdot 10^{-5}$	125	5,25
100	1,35	100	5,15
75	1,35	75	5,15

In der Fig. 3 geben die geraden Linien die Abhängigkeit des Ionenstromes E_g vom Elektronenstrom bei verschiedenen Drucken und verschiedenen Anodenspannungen. Der Elektronenstrom wurde dabei durch Variieren des Heizstromes J_h verändert. Wenn wir die Abhängigkeit des Ionenstromes von dem Drucke bei konstantem Anoden-

potential und konstanter Heizung des Glühfadens darstellen, so erhalten wir ein Bündel gerader Linien, wie sie Fig. 4 zeigt.

Die in der Fig. 4 in einem Bereiche von $1 \cdot 10^{-6}$ bis $6 \cdot 10^{-5}$ gezeichneten Geraden sind Teile der Geraden, die im Bereiche von $3 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ gemessen worden sind. Nach diesen Geraden kann man mit genügender Genauigkeit den Druck bestimmen, wenn man den Ionenstrom gemessen hat. Alle Druckmessungen wurden bei Elektronenströmen, deren Betrag die folgenden Werte nicht überstieg, ausgeführt:

0,6 mA	bei	125 Volt
0,38 "	"	100 "
0,22 "	"	75 "

Dushmann und Found¹⁾ haben für ein von ihnen besonders gebautes Ionisationsmanometer gezeigt, daß das lineare Verhältnis zwischen Ionenstrom und Druck bei $E_a = 125$ Volt und $J_g = 0$, 5 mA bis zu einem Druck von 50 bar, bei $E_a = 250$ Volt und $J_g = 20$ mA bis zu einem Druck von 1 bar besteht. Der Umstand, daß in unseren Versuchen ein lineares Verhältnis zwischen Druck und Ionisationsstrom gefunden worden ist, ist also dadurch zu erklären, daß die benutzten Elektronenströme genügend klein waren²⁾.

Um Gewißheit zu haben, daß in allen drei an der Pumpvorrichtung sitzenden Röhren derselbe Druck herrschte, wurden Kontrollversuche ausgeführt, bei denen der Druck in zwei gleichgestalteten Röhren gleich-

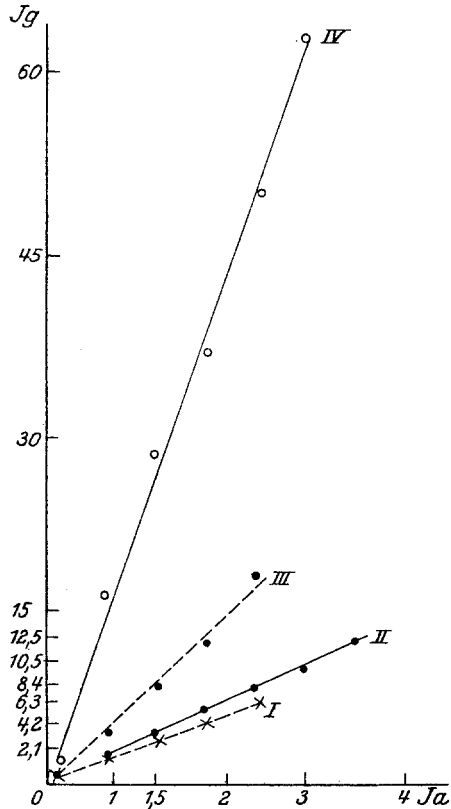


Fig. 3.

¹⁾ S. Dushmann und C. G. Found, Phys. Rev. 17, 7, 1921; 23, 734, 1924.

²⁾ Siehe auch die Arbeit von Helmut Simon, Telef.-Ztg. 1923, S. 56, Nr. 32/33, in welcher sich auch ein linearer Zusammenhang zwischen Druck und Ionenstrom bei verschiedenen Röhren ergeben hat.

zeitig bestimmt wurde. Die Resultate dieser Kontrollversuche sind in Tabelle 2 dargestellt. Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, war der Ionen-

Tabelle 2.

Röhre Nr.	Ionenstrom $1 \cdot 10^{-9}$ Amp.	Röhre Nr.	Ionenstrom $1 \cdot 10^{-9}$ Amp.
1	0,5	1	16
2	0,5	2	16,5
1	3,0	1	30
2	3,0	2	31
1	4,5	1	42
2	4,5	2	42,5
1	8,0	1	68
2	8,2	2	69,5
1	12	1	96,5
2	12	2	98

strom unter gleichen Bedingungen bei jedem Beobachtungspaar derselbe in beiden Röhren.

Es zeigen also die Geraden der Fig. 3 und 4, daß man bei genügend kleinem Elektronenstrom J_g jede zylindrische Elektronenröhre in der

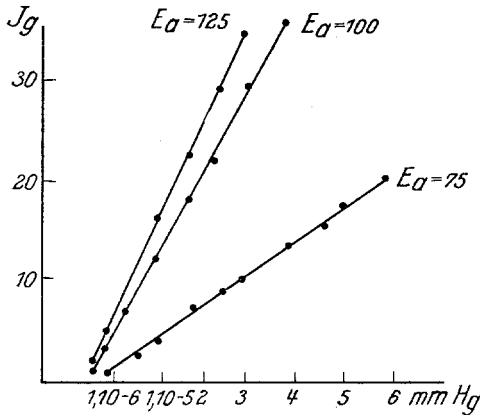


Fig. 4.

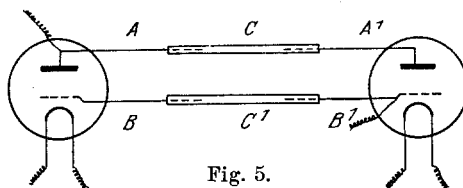
Schaltung von Kaufmann und Serowy als ein sehr genaues und bequemes Manometer benutzen kann, und zwar für sehr niedrige Drucke, die außerhalb des Bereiches der bekannten Vakuummeter fallen. Dabei würde für ein Gas, für welches die Mayerschen Kurven unbekannt sind, nur eine Eichmessung, die auch in verhältnismäßig höherem Druckbereiche vorgenommen werden kann, erforderlich.

Die Erzeugung der Schwingungen. Wie oben erwähnt, dienten zwei von den an der Pumpvorrichtung sitzenden Röhren zur Erzeugung der Schwingungen. Die benutzte Schaltung ist in den Fig. 1 und 2 der vorhergehenden Arbeit gegeben (s. S. 51), wo auch die anderen näheren Angaben zu finden sind. Hier möge nur erwähnt werden, daß der Heiz-

strom einen sehr starken Einfluß auf den „Anodenstrom“ (s. vorh. Arb.) sowie die Intensität der Schwingungen hatte. Bei den vergleichenden, bei verschiedenen Drucken ausgeführten Versuchen dieser Arbeit war es deshalb sehr wichtig, den Heizstrom möglichst konstant zu halten. Das wurde dadurch erzielt, daß der Betrag des Heizstromes fortwährend durch die Größe des Emissionsstromes kontrolliert und mittels zwei parallel geschalteten Schiebewiderständen von 16 und 1800 Ohm reguliert wurde.

Während der Ausführung dieser Arbeit wurde noch eine andere Schaltung für die Erzeugung kurzer elektrischer Wellen ausgearbeitet, die bequemer als die S. 51

beschriebene Schaltung ist und auf die als Ergänzung der früheren Arbeit hingewiesen werden möge. In dieser neuen Schaltung, die



schematisch in Fig. 5 dargestellt ist, wird die Veränderung des Schwingungskreises durch Verschieben einer der Röhren erhalten. Die Gitter und die Anoden der beiden auf verschiebbaren Unterlagen befestigten Röhren sind durch gerade Kupferdrähte $A A'$ und $B B'$ (Fig. 5) verbunden, die mit Reibung in den die Mitte der Verbindung bildenden Kupferröhren $C C'$ gleiten können. Die Spannungen und der Heizstrom

Tabelle 3.

Druck mm Hg.	E_g Volt	J_a 1.10 ⁻⁴ Amp.	Druck mm Hg.	E_g Volt	J_a 1.10 ⁻⁴ Amp.
1,2.10 ⁻⁷	210	0	6,5.10 ⁻⁶	210	0
1,2	190	15	6,5	190	15
1,2	180	21	6,5	180	21,5
1,2	170	30,6	6,5	170	30
1,2	160	31,5	6,5	150	36
1,2	140	33	6,5	140	39
1,2	130	36	6,5	130	36
1,2	120	39	6,5	120	32,5
1,2	110	0	6,5	110	0
6	210	0	7,3.10 ⁻⁵	210	0
6	190	15,5	7,3	190	15
6	180	21,5	7,3	180	21
6	170	31	7,3	170	31,5
6	160	31,5	7,3	160	32,5
6	150	37	7,3	150	36
6	140	39	7,3	140	39
6	130	36	7,3	130	36,5
6	120	32,5	7,3	120	31
6	110	0	7,3	110	0

sind in gleicher Weise wie in Fig. 1 und 2 (s. S. 51) angelegt. Die Messungen mit dieser Schaltung und die Untersuchungen ihrer Eigenschaften werden zurzeit weitergeführt.

Die in vorliegender Arbeit gewonnenen Resultate wurden mit der früheren Schaltung erhalten. Die neue Schaltung eignet sich nicht für Arbeiten an der Pumpe, weil eine der Röhren verschiebbar sein muß. Wie in der früheren Arbeit waren über den „Anodendrähten“ der an der Pumpe sitzenden Röhren die zwei Drähte eines Lecherschen Systems ausgespannt.

Die Reihenfolge der Beobachtungen war folgende: es wurde ein bestimmter Druck in den Röhren hergestellt und mit der als Ionisationsmanometer dienenden Röhre bestimmt. Dann wurde bei konstanter

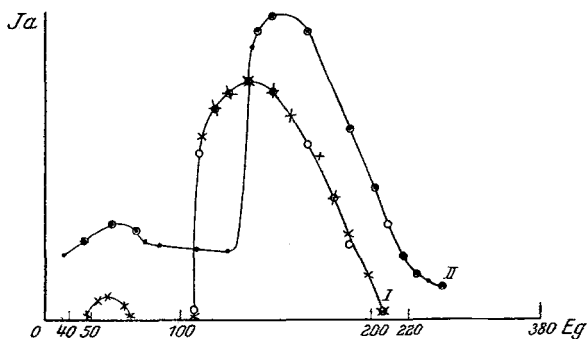


Fig. 6.

Anodenspannung und konstantem Heizstrom der die Schwingungen erzeugenden Röhren die Kurve, welche die Abhängigkeit des Anodenstromes von der Gitterspannung im Bereiche E_g von 0 bis zu 380 Volt darstellt, ermittelt. Diese Messungen wurden bei verändertem E_a und J_h wiederholt. Die für verschiedene Anodenspannungen und Heizströme erhaltenen Kurven sind in Fig. 6 dargestellt. Dann wurde der Druck verändert und die ganze Beobachtungsreihe wiederholt. Bei jeder Messung wurde der Druck mittels der dritten Röhre kontrolliert. Solche Versuchsreihen wurden bei Drucken von $1 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-8}$ herab ausgeführt. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt. Wie aus ihr ersichtlich, fallen die $J_a E_g$ -Kurven im ganzen erwähnten Druckbereiche fast genau zusammen. So beziehen sich in den Kurven I und II (Fig. 6) die durch \circ bezeichneten Punkte auf einen Druck von $5 \cdot 10^{-8}$ mm Hg und die \times und \cdot bezeichneten Punkte auf $5 \cdot 10^{-5}$ mm Hg.

Eine andere Beobachtungsreihe wurde folgendermaßen ausgeführt. Es wurde in der Röhre ein bestimmter Druck hergestellt und die Abhängigkeit der Wellenlänge (im Lecherschen System gemessen) von der Anoden- und Gitterspannung, vom Heizstrom und von der Länge der „Anoden-“ und „Gitterdrähte“ untersucht. Dann wurde der Druck verändert und die ganze Beobachtungsreihe wiederholt. Wie diese Messungen zeigten, bleibt die Abhängigkeit der Wellenlänge von den Betriebsbedingungen bei verschiedenen Drucken unverändert. Es ändert sich also die Wellenlänge bei konstanten Betriebsbedingungen der Röhren in der angewandten Schaltung im Interval $1 \cdot 10^{-4}$ mm bis $5 \cdot 10^{-8}$ abwärts nicht.

Die Dämpfung der Schwingungen, die im Lecherschen System erhalten wurden, war so gering, daß es sehr schwierig war, bei den Messungen, die schnell aufeinanderfolgen mußten, die ganze Resonanz-

Tabelle 4.

Druck mm Hg	E_g Volt	λ cm	J_a Amp.	$G_{\text{Sek.}}$
$3 \cdot 10^{-8}$	140	54,5	$4,02 \cdot 10^{-3}$	92
$4 \cdot 10^{-8}$	140	54,5	3,95	92
$8 \cdot 10^{-8}$	140	54,5	4,03	93,5
$1 \cdot 10^{-7}$	140	54,5	4,16	95,5
$3 \cdot 10^{-7}$	140	54,5	4,00	92
$1 \cdot 10^{-6}$	140	54,5	3,90	93
$3 \cdot 10^{-6}$	140	54,5	4,10	96
$1 \cdot 10^{-5}$	140	54,5	3,95	93,5
$5 \cdot 10^{-5}$	140	54,5	4,1	94
$5 \cdot 10^{-8}$	125	60	$3,7 \cdot 10^{-3}$	81
$8 \cdot 10^{-8}$	125	60	3,63	84,5
$1 \cdot 10^{-7}$	125	60	3,76	84,5
$5,5 \cdot 10^{-7}$	125	60	3,58	81,5
$3,5 \cdot 10^{-6}$	125	60	3,63	85
$1 \cdot 10^{-5}$	125	60	3,55	82

kurve zu erhalten und so die Intensität der Schwingungen zu verfolgen. Deshalb wurde folgende Beobachtungsreihe vorgenommen, um die Abhängigkeit der Intensität der Schwingungen vom Drucke zu untersuchen. Die Anoden- und die Gitterspannung, der Heizstrom und die Länge der Anoden- und Gitterdrähte wurden konstant gehalten. Die verschiebbare Brücke des Lecherschen Systems wurde an einer bestimmten Stelle, die einem Punkte der Resonanzkurve entsprach, festgehalten, und es wurde der Druck in der Röhre verändert und der Anodenstrom J_a sowie der Ausschlag des mit dem der verschiebbaren Brücke parallel ge-

geschalteten Thermoelements G abgelesen. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind in der Tabelle 4 und in den Kurven der Fig. 7 wiedergegeben.

Die zwei untersten Kurven zeigen die Abhängigkeit des Anodenstromes, der ja für die Schwingungen charakteristisch ist, von dem Drucke bei $E_g = 140$ und $E_g = 125$ Volt. Die übrigen (oberen) Kurven zeigen die Abhängigkeit des Galvanometeraussschlages G in einem festen Punkte der Resonanzkurve vom Druck. Wie aus Tabelle 4 und Fig. 7 ersichtlich, ändert sich die Schwingungsintensität in dem Druckbereiche von $3 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ mm Hg nicht, da die Schwankungen der einzelnen Meßresultate 5 Proz. in diesem Gebiete nicht übersteigen. Die Messungen

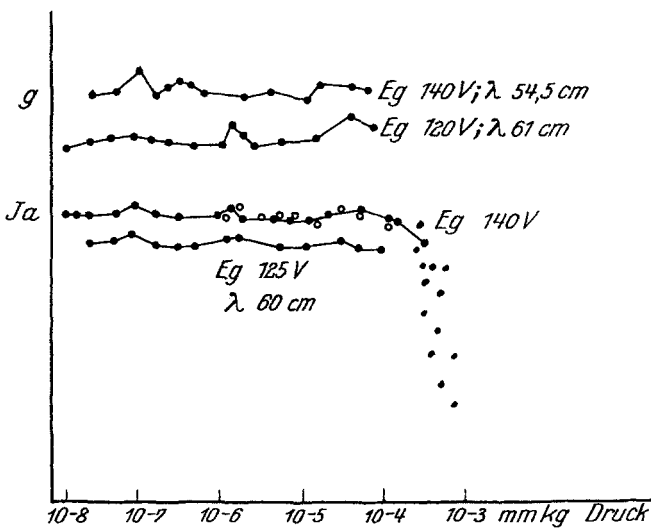


Fig. 7.

wurden nur bis zu einem Druck von $1 \cdot 10^{-4}$ systematisch durchgeführt. Bei höheren Drucken leuchteten die Röhren schon bei einer Gitterspannung von 130 Volt auf, was auf das Eintreten starker Ionisation hinwies, bei welcher der Durchmesser der Glühfäden durch starkes Ionenbombardement verringert und wodurch auch die Messungen bei ihrer Wiederholung beeinflusst werden könnten. Die genaue Druckmessung wurde auch bei Drucken höher als $5 \cdot 10^{-4}$ mm Hg erschwert, da der Zusammenhang zwischen Druck und Ionenstrom in der als Manometer dienenden Röhre aufhörte, ein linearer zu sein. Die einzelnen Punkte, die in höheren Druckbereichen aufgenommen wurden und in Fig. 7 eingezeichnet sind, zeigen aber, daß die Intensität der Schwingungen im Bereiche $3 \cdot 10^{-4}$ mm Hg bis $1 \cdot 10^{-3}$ mm Hg sinkt. Dies Resultat ergibt

die Mehrzahl der Beobachtungen des Anodenstromes sowie der Galvanometerablenkung.

Die ersten Messungen wurden mit Einschalten einer Kohlensäureschnee-Äthermischung zwecks Beseitigung der Hg-Dämpfe vorgenommen (Punkte \circ der Fig. 7). Wegen der langsamen und ungenügenden Kondensation der Hg-Dämpfe (bei der verhältnismäßig großen Entfernung von den Röhren zu dem Kühlgefäß) wurde die Kohlensäureschnee-Äthermischung durch flüssige Luft ersetzt. Während der langsamen Kondensation der Hg-Dämpfe durch die Kohlensäureschneeäthermischung wurden Beobachtungsreihen ausgeführt, welche zeigten, daß die Schwingungen beim Kühlen in einem bestimmten Zeitmomente einsetzten und beim Erwärmen des Kühlgefäßes in einem bestimmten Augenblicke verschwanden. Zahlenangaben können aber nicht gemacht werden, da der Druck der Hg-Dämpfe bei dieser Gelegenheit nicht genau gemessen werden konnte.

Zusammenfassend können wir sagen, daß in der benutzten Schaltung der Druck in einem Bereiche von $1 \cdot 10^{-4}$ mm bis $3 \cdot 10^{-8}$ mm Hg bei den angewendeten hohen Gitterspannungen (über 100 Volt) keinen Einfluß auf die Intensität und die Wellenlänge der Schwingungen ausübt, daß die Ursache der Schwingungen also den Elektronen und nicht den Restgasionen in diesem Falle zuzuschreiben ist. Im Druckbereiche $3 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$ mm Hg fällt jedoch die Schwingungsintensität beträchtlich, so daß bei $1 \cdot 10^{-3}$ die Schwingungen zu verschwinden scheinen. In diesem Druckbereiche scheinen also die Ionen den ganzen Prozeß zu beeinflussen.

Diese Arbeit wurde in der vakuumtechnischen Abteilung des Staatlichen Elektrotechnischen Prüfungsinstituts auf Anregung und unter unmittelbarer Leitung von Herrn Prof. Dr. W. I. Romanoff ausgeführt. Dementsprechend erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. W. I. Romanoff meinen tiefen Dank auszusprechen.

Moskau, im März 1925.
