Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 4 (1931)
Heft: V

Artikel: Sondencharakteristiken und behinderte Bogenentladung
Autor: Wehrli, M. / Bächtiger, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-110042

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: 21.08.2025

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

Sondencharakteristiken und behinderte Bogenentladung

M. Wehrli und **P. Bächtiger.**

(9. VII. 31.)

In einer Bogenentladung mit Wolframelektroden in Stickstoff werden Sondencharakteristiken als Funktion des Druckes im Bereiche 20,6 bis 457 mm gemessen. Die komplizierte Kurvenform ändert sich mit zunehmendem Drucke in der gleichen Weise wie bei der Verschiebung der Sonde längs der Bogenachse. Dieser Zusammenhang kann mit dem Mechanismus der behinderten Entladung erklärt werden und führt auf eine neue Festlegung des Raumpotentiales. Die aus der Spannungs-Bogenlänge-Kurve ermittelte Minimalspannung von 192 Volt stimmt mit dem Kathodenfall bis auf $\pm$ 4 Volt überein. Die positive Ionenstromdichte zeigt vor der Kathode einen starken Anstieg. Dieser beginnt in dem Abstande, innerhalb welchem sich der Anodenfall nicht mehr ausbilden kann.

§ 1. Einleitung.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit hat M. Wehrli[1]) über die Messung von Sondencharakteristiken an einem Wolframbogen in Stickstoff berichtet. Es zeigt sich dabei, dass aus der Kurvenform allein das Raumpotential nicht ermittelt werden kann, sondern für die Interpretation der Messungen mehrere Möglichkeiten vorhanden sind. Durch Anwendung der Glühsondenmethode nach I. Langmuir wird versucht, die Lage des Raumpotentiales genauer festzustellen, und es gelingt damit die gemessenen Kurven zwanglos zu interpretieren. Trotzdem weist die Deutung der Messungen noch eine gewisse Unsicherheit auf, da bei der Glühsondenmethode mehrere Korrektionen notwendig sind und sich in bestimmten Fällen sogar prinzipielle Bedenken gegen diese Methode ergeben (s. § 6). Deshalb sollen in der vorliegenden Arbeit die Beobachtungen für eine eingehendere Prüfung erweitert und verfeinert werden. Ferner wird die Frage untersucht, ob sich durch die bei der behinderten Bogenentladung[2]) gewonnene Erkenntnis eine Interpretation der Sondencharakteristiken ergibt, ganz unabhängig von der Glühsondenmethode.

---

[1]) M. Wehrli, Helv. phys. acta **3**, 180, 1930 (Arbeit I).

[2]) P. Bächtiger, Helv. phys. acta **3**, 335, 1930.
P. Bächtiger und M. Wehrli, Helv. phys. acta **4**, 31, 1931.

§ 2. Apparatur und Messmethode.

Die Messungen geschehen mit der von M. WEHRLI (l. c.) beschriebenen Anordnung. Der obere Elektrodenhalter wird dabei gemäss der Fig. 1 neu ausgebildet, so dass im Entladungsgefäss ein genaues Richten der Elektroden rasch und sicher durchgeführt werden kann. Zur Messung der Elektrodendistanz l und des Abstandes Kathode-Sondenmitte Δl^- dient ein Kathetometer, welches gestattet, obige Grössen auf $\pm$ 0,01 mm zu bestimmen. Da nach F. PENNING[1]) Schwingungen in der Entladung die Sondencharakteristiken verändern, werden Oszillationen weitmöglichst ausgeschaltet. Um die Welligkeit der Stromquellen herabzusetzen, liegen über der Hochspannungsmaschine eine Kapazität[2]) von 12 MF und über dem Generator der Hilfsspannung ein Kondensator von 4 MF.

Zum Nachweis noch vorhandener Schwingungen dient die früher beschriebene Anordnung, welche auf Mittel- und Hochfrequenz empfindlich ist. Sie ergibt nach Anbringung der Kapazitäten keinen Galvanometerausschlag mehr. Im weitern gelangt zur quantitativen Untersuchung eventuell vorhandener Schwingungen eine Glühkathoden-Oszillographenröhre der Western Electric Comp. zur Verwendung. Das eine Plattenpaar der Röhre wird mit den Elektroden des Bogens verbunden unter Zwischenschaltung einer Batterie zur Kompensation der Gleichspannung. Das andere Plattenpaar ist kurzgeschlossen. Bei einer Bogenspannung von 225,6 Volt und einer Stromstärke von 0,22 Amp. ergeben sich Spannungsschwankungen kleiner als 0,8 Volt, d. h. kleiner als $4^0/_{00}$. Verwendet man als Vorschaltwiderstand vor dem Bogen eine Gleichrichterröhre, so kann überhaupt keine Veränderung des Kathodenstrahlfleckes mehr beobachtet werden, d. h. die Schwankungen unterschreiten 0,25 Volt. Da sich mit und ohne Gleichrichterröhre dieselben Sondencharakteristiken ergeben, geschehen die meisten Messungen ohne Gleichrichterröhre.

§ 3. Sondencharakteristiken als Funktion des Druckes.

Die Elektroden des vertikalen Bogens bestehen aus an den Enden halbkugelförmig geschliffenen Wolframstäben. Oben befindet sich die Kathode von 1,75 mm Durchmesser, unten die Anode von 1,99 mm. In Fig. 1 und 2 sind die gemäss Arbeit I

---

[1]) F. PENNING, Physica **6**, 241, 1926.

[2]) Die Firma E. HAEFELY & CIE. A.-G., Basel, stellte uns eine vorzügliche Hochspannungskapazität schenkweise zur Verfügung, wofür ihr hiemit speziell gedankt werden möge.

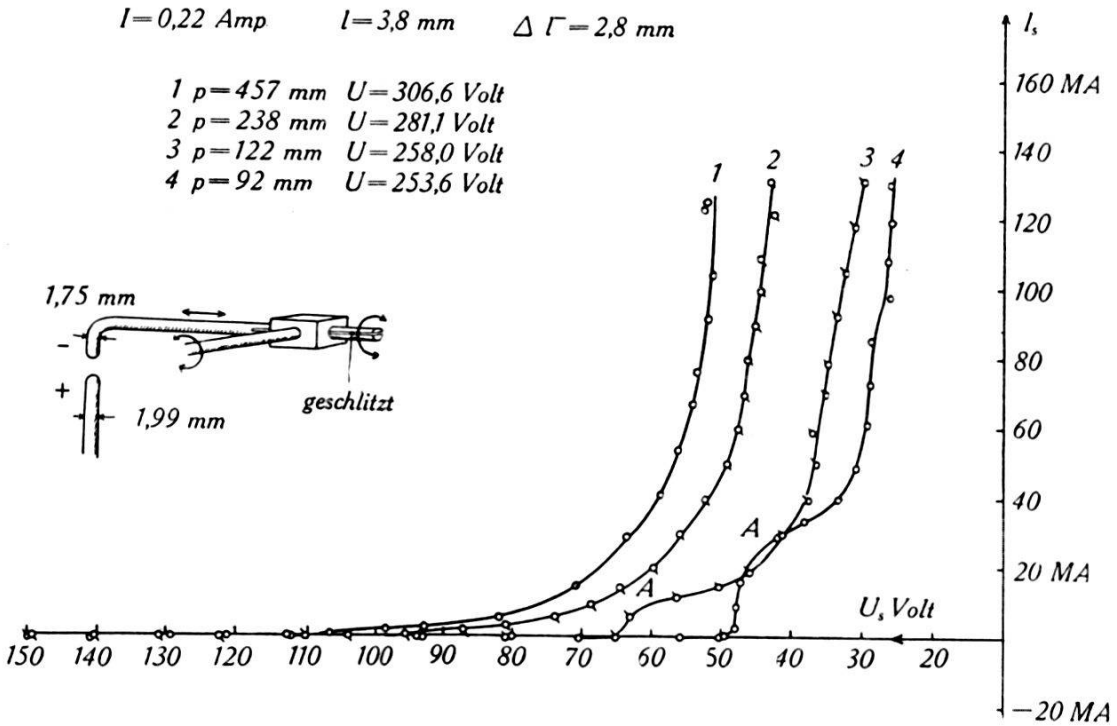


Fig. 1. Sondencharakteristiken als Funktion des Druckes.

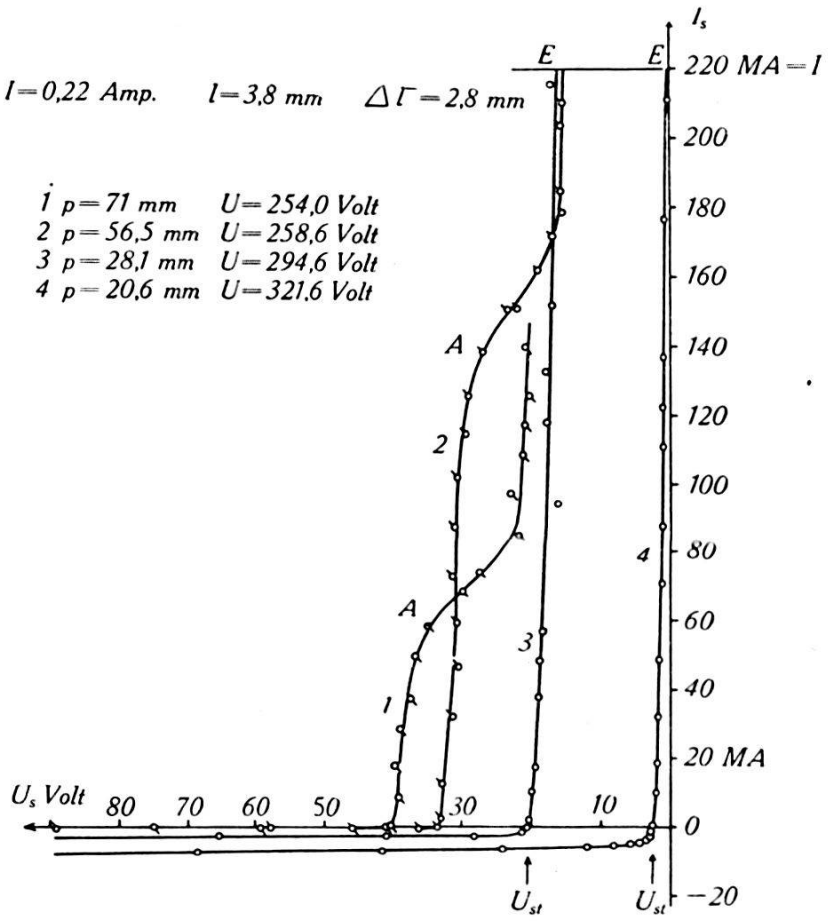


Fig. 2. Sondencharakteristiken als Funktion des Druckes.

korrigierten Sondencharakteristiken im Druckintervall 20,6—457 mm Hg. aufgetragen. Die Stromstärke I beträgt dabei 0,22 Amp. und die Bogenlänge l 3,8 mm. Die zylindrische Sonde von 0,5 mm Durchmesser ist im Abstande 2,8 mm von der Kathode und ihr vorderes Ende reicht bis zur Bogenachse. Von 457 mm ausgehend wird durch stufenweises Auspumpen zu den niederen Drucken übergegangen. Es treten dabei folgende systematische Veränderungen auf. Bei 122 mm erscheint im Gebiete kleiner Stromstärken ein Knie (im Punkte A), welches mit abnehmendem Drucke bei immer höheren Stromstärken liegt und schliesslich unterhalb 28,1 mm nicht mehr erreicht wird, auch wenn der Sondenstrom bis zur gesamten Bogenstromstärke ansteigt. Ein Vergleich mit Fig. 7 der Arbeit I ergibt, dass die Sondencharakteristiken bei konstantem Druck und abnehmender Distanz Kathode-Sonde eine vollständig analoge Veränderung zeigen, indem dort mit abnehmendem Δl^{-}[1]) das Knie beim Punkte A sich ebenfalls immer deutlicher ausprägt. Diesen Zusammenhang bestätigen weitere nicht angeführte Kurven, welche bei der Stromstärke 0,22 Amp. und bei einem Abstand Δl^{-} von 1 bis 7 mm gemessen worden sind. Für die Stromstärke 0,08 Amp. ist eine entsprechende Kurvenschar in Fig. 4 wiedergegeben.

Um festzustellen, ob die Form der Sondencharakteristiken von der Sondendicke abhängt, werden Messungen mit dünnen Sonden bei kleinen Stromstärken ausgeführt. Für die Sondendurchmesser 0,1 und 0,2 mm ergeben sich die gleichen Kurvenformen, wie in Fig. 1 und 2 für die 0,5 mm Sonde.

§ 4. Der Zusammenhang mit der behinderten Entladung.

Untersucht man eine Entladung als Funktion der Elektrodendistanz l, so zeigt sich folgendes: Unterschreitet l einen bestimmten Wert D, so kann sich kein Anodenfall mehr ausbilden; es entsteht eine behinderte Entladung (l. c.). Diese Erscheinung muss sich bei den Sondencharakteristiken bemerkbar machen und zwar im Gebiete, wo die Sonde zur Anode wird, d. h. bei kleinem U_s und grossem Sondenstrome I_s.

Dieser Zusammenhang wird zuerst für den Grenzfall, bei welchem die Stromstärke I_s der Gesamtstromstärke I gleich ist, näher verfolgt, d. h. als Anode gelangt einerseits ein Stab, andererseits unter denselben Bedingungen eine 0,2 mm Sonde zur Verwendung. Die halbkugelförmige Kathode befindet sich unten.

[1]) Δl bezeichnet den Abstand Anode-Sondenmitte; Δl^{-} den Abstand Kathode-Sondenmitte, der sich für die Kurvenform als massgebend erweist.

Die mit diesen Elektroden gemessenen Spannungs-Bogenlängekurven sind in Fig. 3 wiedergegeben. Um mit möglichst dünnen Sonden arbeiten zu können, wird die Stromstärke 0,08 Amp. gewählt, womit eine Bogenentladung noch stabil brennt. Die Elektrodendistanz l ist bei Kurve 2 bis zur Sondenmitte gemessen. Man erkennt, dass auch an der Sonde sich unterhalb D der Anodenfall ΔU nicht mehr ausbilden kann. Auch die anodische Glimmhaut tritt in beiden Fällen bei Distanzen kleiner als die Abfall-

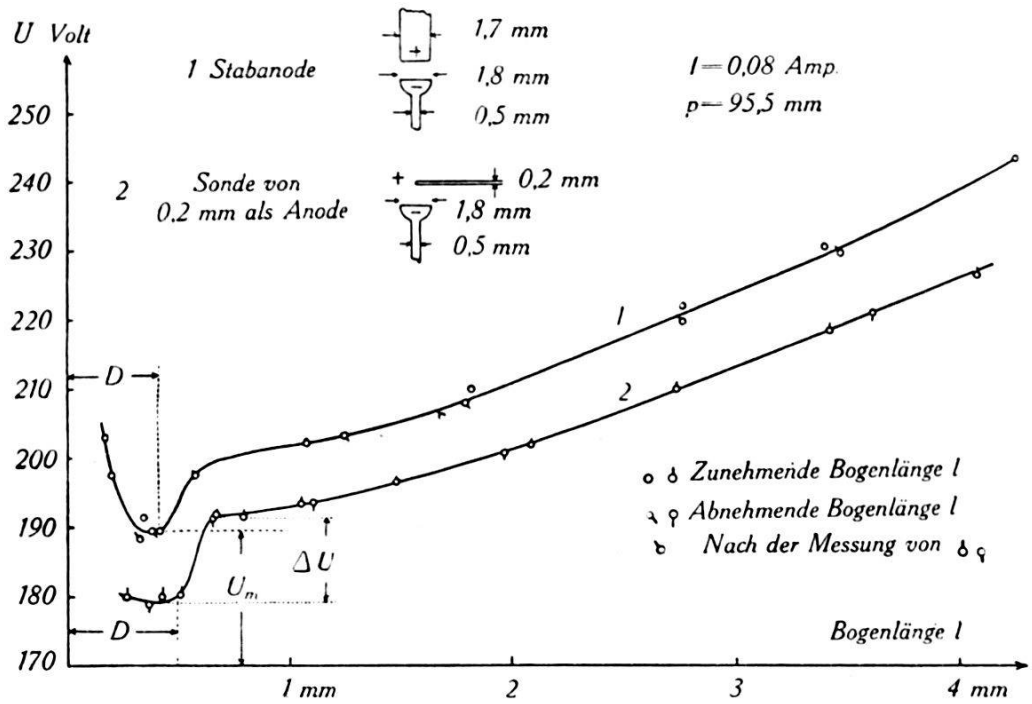


Fig. 3. Spannungs-Bogenlängekurven verschiedener Anoden.

weite D nicht mehr auf. Kurve 2 liegt um 8—12 Volt tiefer, da die Sonde dem Bogen weniger Energie entzieht als die Stabanode, wie in § 7 näher ausgeführt wird.

Die Sondencharakteristiken ausser- und innerhalb D müssen also stark voneinander abweichen, denn im ersten Falle bildet sich ein Anodenfall aus, im zweiten nicht. Fig. 4 enthält die Messresultate.

Die Stickstoffüllung, die Elektroden und die Sonde sind dieselben wie bei Fig. 3, sodass in beiden Fällen die genau gleichen Bedingungen herrschen.[1])

Aus Kurve 2 der Fig. 3 ergibt sich die Abfallweite D zu 0,49 mm, d. h. die Sondencharakteristik 3 in Fig 4 ($\Delta l^- = 0{,}25$ mm) ist

[1]) Es werden auch Charakteristiken an mit Quarz isolierten Sonden gemessen, welche jedoch zu Komplikationen führen, indem sich auf dem Quarze in kurzer Zeit eine leitende Schicht bildet, herrührend von der Kathodenzerstäubung.

innerhalb, die andern ausserhalb D gemessen. Wie man erkennt, steigt die Kurve 3 steil an, während Kurve 1 und 2 das schon früher beschriebene Knie bei A aufweisen. Die Beobachtung mit dem Kathetometer ergibt ferner, dass bei Sondenströmen oberhalb der Punkte B die typische anodische Glimmhaut an der Sonde vorhanden ist.

Der Zusammenhang mit den Sondencharakteristiken bei abnehmendem Druck nach Fig. 1 und 2 lässt sich jetzt leicht verstehen. Von der behinderten Entladung weiss man, dass die Abfallweite D sich bei konstantem Kathodenfalle umgekehrt proportional

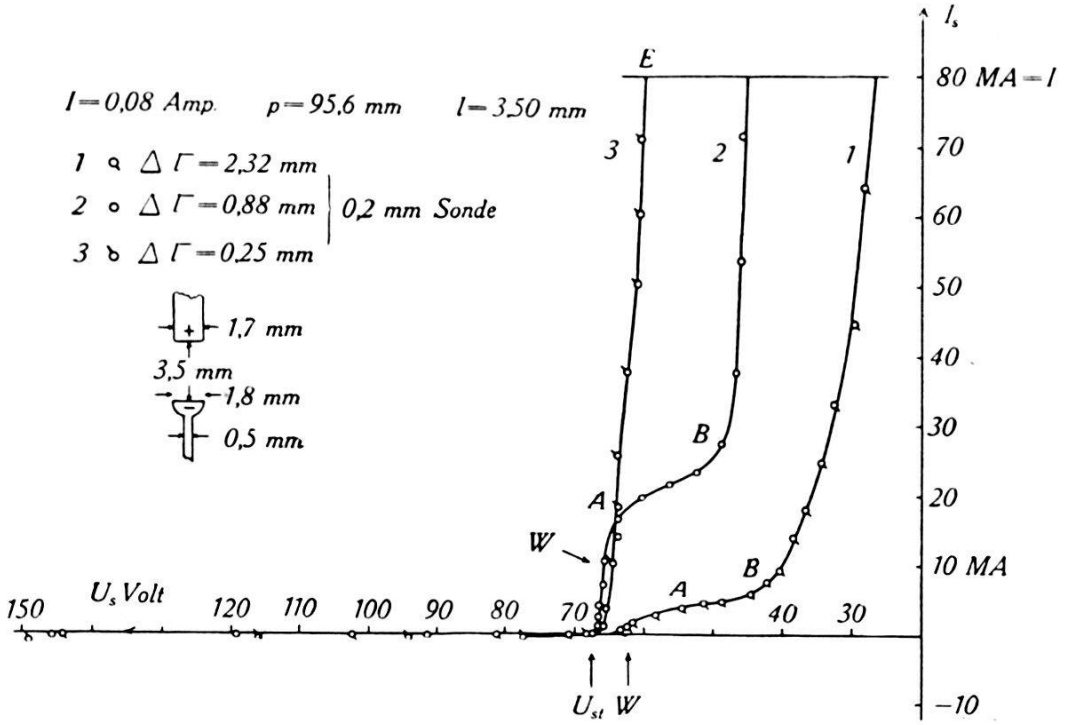


Fig. 4. Sondencharakteristiken inner- und ausserhalb der Abfallweite D.

mit dem Drucke vergrössert. Pumpt man also bei unveränderter Distanz Δl^- (Sonde-Kathode) ab, so wächst D, bis es schliesslich das Δl^- übertrifft und sich damit an der Sonde kein Anodenfall mehr ausbilden kann. Das ist nach Fig. 2 bei den Kurven 3 und 4 der Fall. Für 4 ergibt z. B. die Rechnung eine Abfallweite D von mindestens 4 mm, während das Δl^- 2,8 mm beträgt.

§ 5. Die Lage des Raumpotentiales.

Es ist möglich, für das Raumpotential V_R eine obere und untere Schranke anzugeben, wobei zwei Fälle zu unterscheiden sind:

1. $\Delta l^- > D$. Wie erwähnt, tritt oberhalb der Punkte B die anodische Glimmhaut auf, d. h. die Elektronen werden schon in B

gegen die Sonde beschleunigt. Das Raumpotential liegt deshalb links von den Punkten B und zwar um die Grössenordnung der Anregungsspannung (mindestens 7,5 Volt). Der Anodenfall ist in B schon teilweise ausgebildet.

Eine obere Grenze ist sicherlich das statische Sondenpotential (Schnittpunkt mit der U_s-Achse), d. h. das Raumpotential liegt rechts davon. Denn der erste steile Anstieg der I_s-U_s-Kurve im Gebiete U_{st} bis A wird von einer gegen die Sonde anlaufenden Elektronenschar herrühren. Das Raumpotential dürfte also nahe an den Punkten A liegen, eine Möglichkeit, die schon Wehrli bespricht.

2. $\Delta l^- < D$. Eine untere Grenze ergibt sich aus der Annahme, dass der Anodenfall nicht negativ sein soll. Dann liegt das Raumpotential links vom Punkte E (in Fig. 4). Die obere Grenze ist wiederum das statische Potential U_{st}. Die Differenz U_{st}-E ergibt sich in Fig. 4 zu 7 Volt, in Fig. 2 zu 4 und 3 Volt, d. h. erreicht nur wenige Volt.

Die Lage des Raumpotentiales in A steht im Widerspruch mit den Messungen nach der Glühsondenmethode (Arbeit I), welche ein V_R rechts vom Punkte B ergeben hat. Das Knie bei A musste dabei einer primären translatorischen Elektronengruppe zugeordnet werden. Diese Interpretation ist mit den neuen Beobachtungen nicht verträglich. Man kann nämlich für die Grösse einer solchen primären Gruppe eine obere Grenze angeben, welche nicht überschritten werden darf. Bezeichnet man mit F den gesamten Querschnitt der Entladung, mit q den Querschnitt der Sonde und mit I den gesamten Bogenstrom, so ist diese Schranke $\frac{q\,I}{F}$. Sie entspricht der Annahme, dass der Gesamtstrom aus einer primären translatorischen Elektronengruppe besteht. Man kann das $\frac{q}{F}$ abschätzen und erhält für die Anordnung nach Fig. 2 $\frac{q}{F} = 0{,}20 \pm 0{,}05$. Bei einem Gesamtstrom von 220 Milliamp. darf also die primäre Gruppe den Wert 44 MA nicht überschreiten, d. h. der Punkt A muss tiefer liegen. Wie die Fig. 2 zeigt, wird diese Bedingung weder in Kurve 1 noch in Kurve 2 erfüllt, im letzteren Falle ergäbe sich eine primäre Gruppe vom dreifachen Wert der Schranke. Die Kurve 2 in Fig. 4 mit einer 0,2 mm Sonde ergibt eine zweifache Überschreitung und eine analoge Messung mit einer 0,1 mm Sonde führt auf eine fünffache Überschreitung der zulässigen Grenze.

Die Glühsondenmethode in Arbeit I muss also nach Obigem mit systematischen Fehlern behaftet sein. Zur Aufklärung derselben wird die Glühsondenmethode in verbesserter Form wiederholt.

§ 6. Glühsondenmethode.

Damit diese Methode einwandfreie Resultate gibt, darf das angelegte Sondenpotential nicht weiter entfernte Teile der Entladung beeinflussen, es darf die Sonde nicht als Gitter wirken, sondern um die Sonde müssen zylindrische Äquipotentialflächen vorhanden sein. Das ist umso eher der Fall, je kleiner der Sondenquerschnitt im Verhältnis zum Entladungsquerschnitt ist. Um dieser Bedingung zu genügen, wird statt der Schleifensonde von 0,5 mm in Arbeit I eine gestreckte Drahtsonde von 0,1 mm verwendet gemäss Fig. 5. Da die Entladung mit abnehmendem

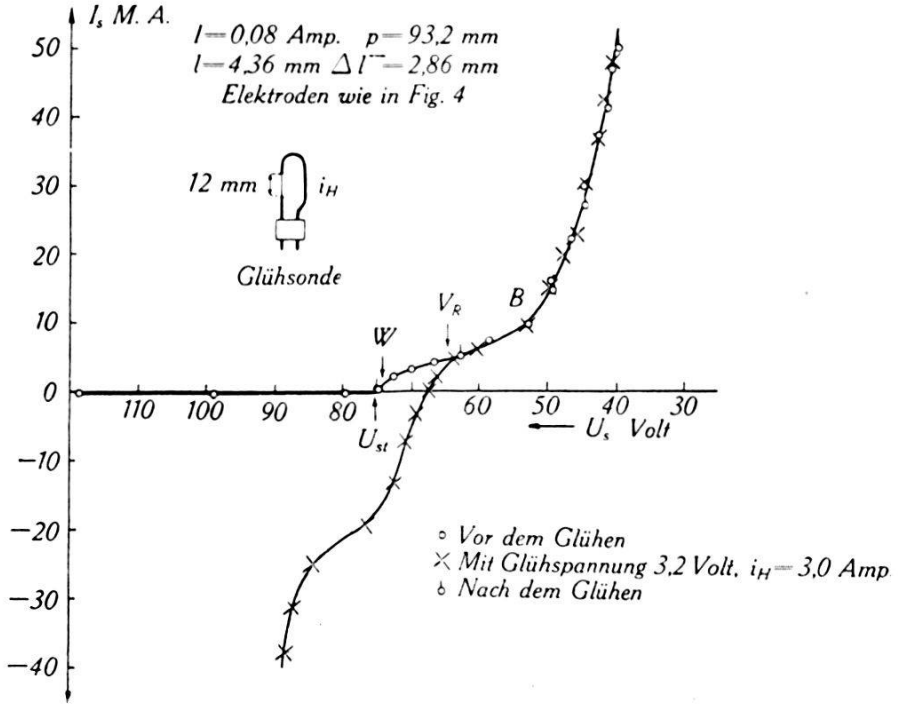


Fig. 5. Sondencharakteristiken mit einer Glühsonde.

Drucke sich ausdehnt, geschieht die Untersuchung bei 93,2 statt 260 mm.

In Fig. 5 ist eine von vielen Messungen aufgetragen. Die Korrektionen sind gemäss Arbeit I ausgeführt. Trotz stärkstem Glühen (bis zum Durchschmelzen) wird nie eine Kurve erhalten mit der Abzweigung rechts vom Punkte B, im Gegensatz zu Fig. 9 in Arbeit I; alle Kurven weisen den Verlauf nach Fig. 5 auf. M. Wehrli hat wahrscheinlich mit einer Sonde gemessen, die infolge zu grossem Querschnitt eine Gitterwirkung zeigte, da mit der dünnen Sonde seine Kurven nicht mehr erhalten werden.

Gemäss Fig. 5 dürfte das Raumpotential nahe am Punkte V_R (Verzweigungspunkt) liegen, was durchaus in Einklang steht mit dem Ergebnis des § 5.

§ 7. Minimumspannung und Kathodenfall.

Eine Voraussetzung für die Übereinstimmung der Minimumspannung U_m der U-l-Kurve (s. Fig. 3) mit dem Kathodenfalle besteht darin, dass bei U_m der Anodenfall verschwindet. Diese Voraussetzung kann an Hand von Kurve 4 in Fig. 2 geprüft werden. Nach § 5 liegt das Raumpotential zwischen den Punkten U_{st} und E. Daraus folgt, dass der Anodenfall im Maximum 2,5 Volt betragen kann, d. h. nahezu Null ist.

Der Vergleich zwischen der Minimumspannung U_m und dem Kathodenfalle geschieht folgendermassen: Ermittlung von U_m und der zugehörigen Elektrodendistanz l_0 zu 192 Volt, bzw. 0,4 mm, Einstellen der Mitte der 0,1 mm Sonde in diesen Abstand von der

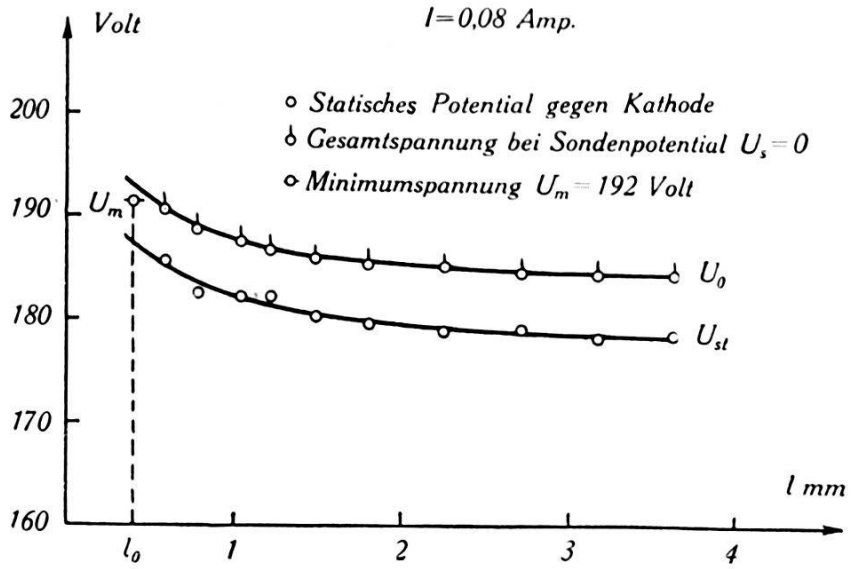


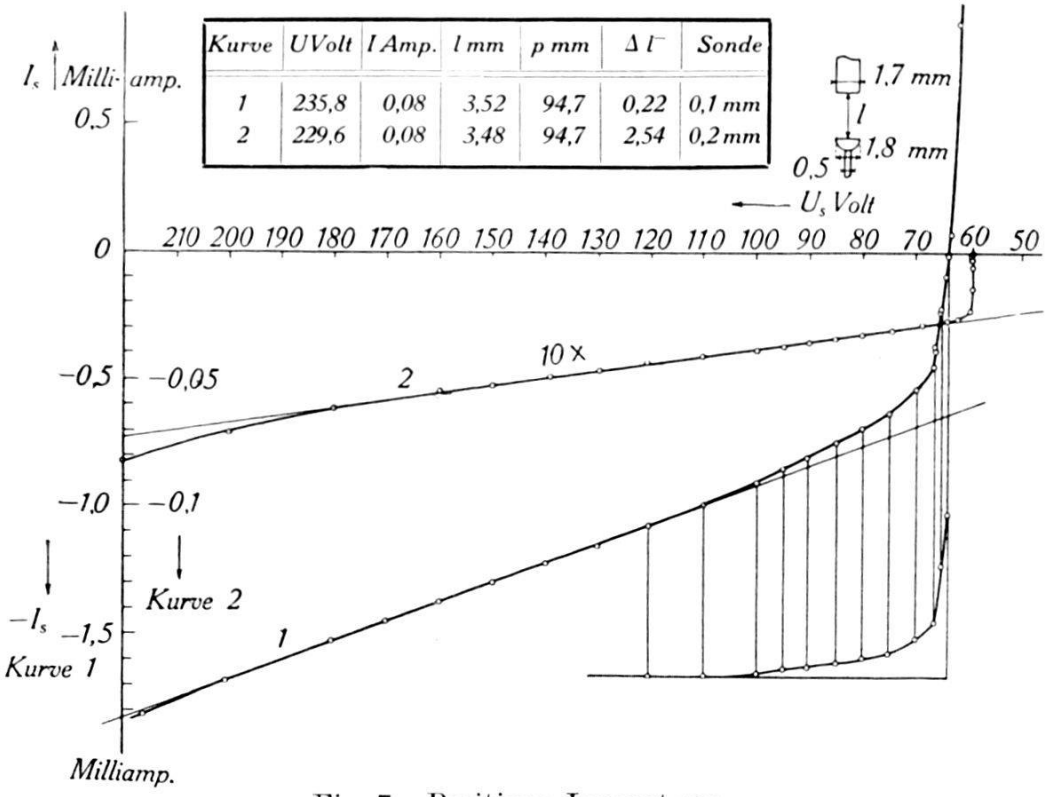
Fig. 6. Vergleich der Minimumspannung U_m mit dem Kathodenfall.

Kathode und Bestimmung der statischen Sondenspannung U_{st} gegen die Kathode. Hierauf wird die Sonde mit der Anode kurz geschlossen und die Gesamtspannung der Entladung U_0 festgestellt, wobei also die Sonde zur Anode geworden ist.

Die Fig. 6 enthält die Messresultate bei veränderter Elektrodendistanz l. Es mag zur U_0 Messung noch erwähnt werden, dass bei kleinem l, wenn die Stabanode nahe an der Sonde ist, nicht der gesamte Entladungsstrom 0,08 Amp. durch die Sonde fliesst; z. B. bei $l = 0{,}8$ mm nur 0,069 Amp. Nimmt man, wie im § 5 an, dass der Anodenfall nicht negativ ist, so muss das Raumpotential und damit der Kathodenfall zwischen U_{st} und U_0 liegen.[1]) Man erkennt aus Fig. 6, dass der Kathodenfall mit

[1]) Es handelt sich hier um die Definition des Kathodenfalles nach WARBURG, bei welcher das negative Glimmlicht in das Kathodenfallgebiet einbezogen wird.

zunehmender Elektrodendistanz abnimmt und bei grösserem l einem konstanten Werte zustrebt. Die Abnahme beträgt 10 Volt. Diese Erscheinung beruht jedenfalls darauf, dass die Stabanode bei kleiner Bogenlänge dem Gebiete des Kathodenfalles thermische Energie entzieht, wodurch bekanntlich der Kathodenfall erhöht wird. Dieser Abkühleffekt bedingt auch die Differenz der Minimumspannungen in Fig. 3, indem durch die Stabanode mehr Wärme abgeleitet wird, als durch die dünne Drahtanode (Sonde). Man kann diesen Einfluss wie folgt bestätigen: Nähert man dieser Drahtanode die isolierte Stabanode, so beginnt bei 2 mm Abstand



Kurve	U Volt	I Amp.	l mm	p mm	Δ l	Sonde
1	235,8	0,08	3,52	94,7	0,22	0,1 mm
2	229,6	0,08	3,48	94,7	2,54	0,2 mm

Fig. 7. Positiver Ionenstrom.

die Gesamtspannung merklich anzusteigen und erreicht bei 0,05 mm Abstand eine Zunahme von 5 Volt.

Um den Kathodenfall für die zur Minimumspannung gehörenden Elektrodendistanz l_0 zu erhalten, müssen die beiden Kurven der Fig. 6 bis l_0 extrapoliert werden. Zum Vergleich ist in die Fig. 6 die Minimumspannung U_m eingetragen. Es ergibt sich daraus das Ergebnis:

Die Minimumspannung von 191,6 Volt stimmt bis auf ± 4 Volt mit dem Kathodenfalle überein. Es ist zu beachten, dass man im vorliegenden Falle aus der Minimumspannung nicht den Kathodenfall für grössere Bogenlänge bestimmen kann, da letzterer mit zunehmender Bogenlänge abnimmt.

§ 8. Der positive Ionenstrom.

Um das Verschwinden des Anodenfalles bei der behinderten Entladung zu erklären, nimmt man an, dass vor der Kathode ein Gebiet starker Ionisation existiert, herrührend von einer aus dem Kathodenfallgebiet stammenden schnellen Elektronengruppe. Man erwartet deshalb auch im Gebiet des positiven Ionenstroms einen merklichen Unterschied für die Sondencharakteristiken ausserhalb und innerhalb D.

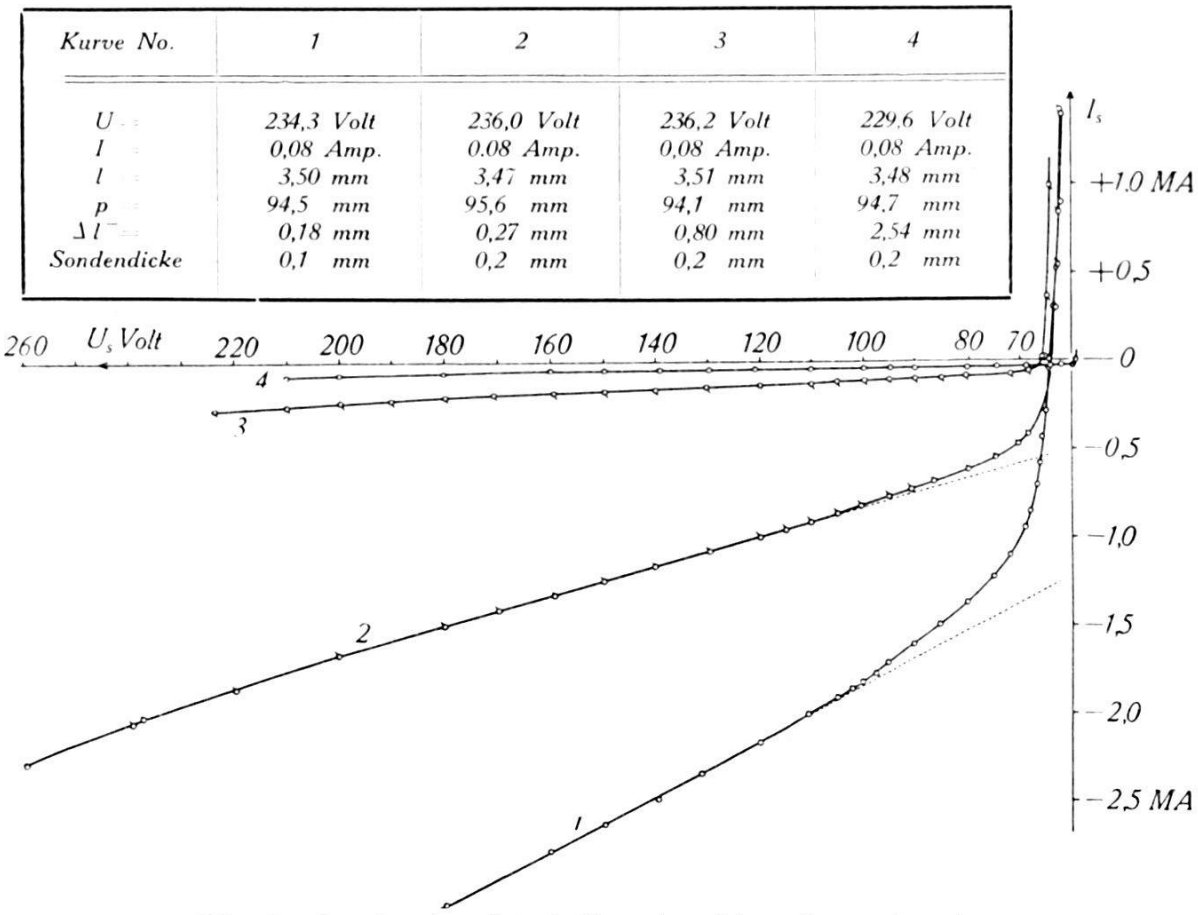


Fig. 8. Sondencharakteristiken (positiver Ionenstrom).

Fig. 7 enthält spezielle Messungen im Gebiete des positiven Ionenstroms.

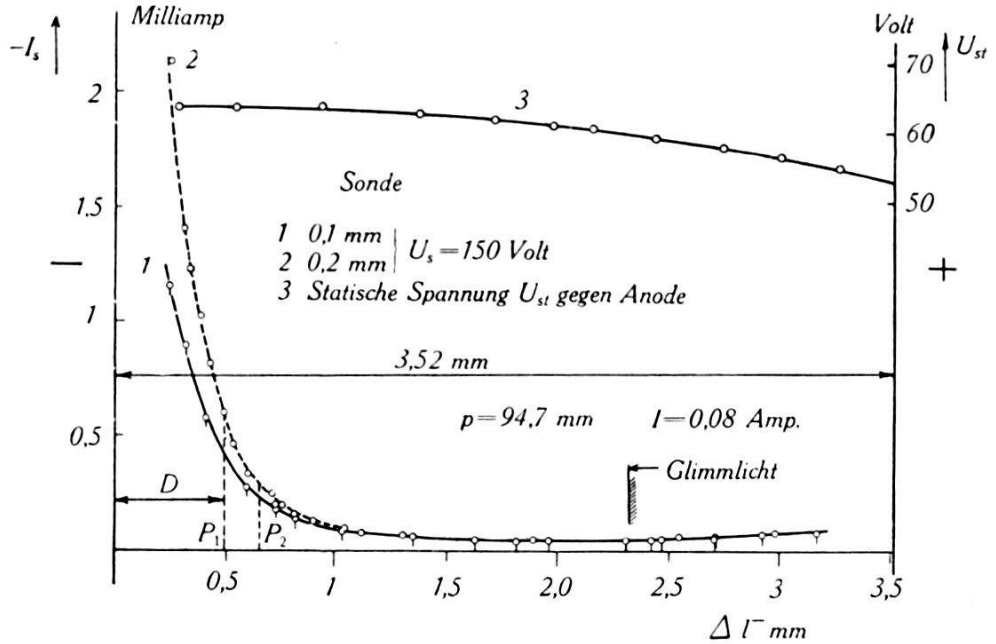
Die Abfallweite D beträgt 0,49 mm, d. h. die Sonde befindet sich bei Kurve 1 innerhalb und bei Kurve 2 ausserhalb D. Die Stromwerte der Kurve 2 sind im Verhältnis zu Kurve 1 zehnmal vergrössert.

Man erkennt, dass in Kurve 2 der positive Ionenstrom mehr als 20 mal kleiner ist als in Kurve 1. Der Ionenstrom zeigt keine Sättigung, sondern steigt auf einem längern Stücke linear an. Die Ursache dieses linearen Anstieges, welchen M. Uyterhoeven[1])

[1]) W. Uyterhoeven Proc. Nat. Acad. **15**, 32, 1929.

in Neon bei einem Drucke von 0,02 mm auch mit einer ebenen Anode festgestellt hat, ist noch nicht geklärt. Bei grossen Spannungen macht sich die Zündung der Sonde als Kathode bemerkbar.

Ein weiterer Unterschied der beiden Kurven zeigt sich bei Spannungen unterhalb 110 Volt. Während Kurve 2 bis unterhalb 70 Volt linear verläuft, zeigt Kurve 1 eine Abweichung vom linearen Verlauf. Diese Differenz ist in Fig. 7 speziell aufgezeichnet und dürfte von einer primären Elektronengruppe herrühren, welche Geschwindigkeiten von über 30 Volt aufweist. EMELÉUS und BROWN[1])



Figg. 9. Positiver Ionenstrom als Funktion des Abstandes von der Kathode.

haben in der Glimmentladung bei einem Drucke von etwa 1 mm ganz analoge Sondencharakteristiken erhalten. Diese weisen ebenfalls obige Differenz auf, welche von den Verfassern als eine primäre Elektronengruppe hoher Temperatur (34,5 Volt bzw. 2677000° K) gedeutet wird.

Weitere Messungen sind in Fig. 8 aufgetragen.

Fig. 9 zeigt für eine 0,1 und 0,2 mm-Sonde den positiven Ionenstrom bei der konstanten Sondenspannung von 150 Volt (gegen die Anode) als Funktion des Abstandes Δl^- von der Kathode. Es ergeben sich aus Fig. 7 bis 9 folgende *Resultate*: Der positive Ionenstrom und damit auch die Ionenstromdichte fallen vor der Kathode stark ab und erreichen ein flaches Minimum. In Fig. 9 sind die der Fig. 3 entnommenen Distanzen P_1 und P_2 eingetragen,

[1]) EMELÉUS, Proc. Camb. Phil. Soc. XXIII, 531, 1927.
EMELÉUS und HARRIS, Phil. Mag. **4**, 49, 1927.
EMELÉUS und BROWN, Phil. Mag. **7**, 17, 1929.

zwischen welchen der Anodenfall bei der behinderten Entladung verschwindet. Gerade in diesem Gebiete steigt die Ionenstromdichte stark an.

Die Grösse der primären Elektronengruppe nimmt mit wachsender Distanz von der Kathode ab, und sie ist ausserhalb der Abfallweite D (0,49 mm) nicht mehr nachweisbar. Auf eine weitere Analyse der Elektronengruppen in der Art, wie sie von EMELÉUS und seinen Mitarbeitern durchgeführt wurde, soll hier verzichtet werden. Diese Autoren setzen nämlich voraus, dass der grösste Teil des Elektronenstromes von ungeordneten Elektronen herrührt. Damit liegt das von ihnen bestimmte Raumpotential stets links vom Wendepunkt W (s. Fig. 4 und 5). Die aus dieser Festlegung errechneten ungeordneten Elektronenstromdichten sind unseres Erachtens zu klein, denn der gesamte über den Entladungsquerschnitt summierte ungeordnete Elektronenstrom muss unter den obigen Voraussetzungen offenbar grösser sein als der gesamte Entladungsstrom. Diese Forderung ist bei EMELÉUS und HARRIS (l. c.) nicht immer erfüllt.[1])

Nach § 6 liegt das von uns festgelegte Raumpotential rechts vom Wendepunkt W und führt deshalb zu einer grössern Elektronenstromdichte.[2]) Die Form der Sondencharakteristik im Gebiete U_{st} bis V_R kann man leicht erklären durch das Vorhandensein einer ungeordneten Elektronengruppe, welche gleichzeitig eine translatorische Geschwindigkeit besitzt. Letztere nimmt mit wachsender Distanz von der Kathode zu, während die gesamte Elektronenstromdichte abnimmt. Sie beträgt nach Fig. 4 im Abstande $\Delta l^- = 2{,}32$ mm nur $1/4$ vom Betrage im Abstande $\Delta l^- = 0{,}88$ mm.

Zum Schlusse möchten wir unsern besten Dank aussprechen, Herrn Prof. Dr. A. HAGENBACH für die gütige Überlassung der Institutsmittel und dem ALUMINIUMFONDS NEUHAUSEN, aus welchem ein Teil der Apparate angeschafft werden konnte.

Basel, Physikalisches Institut der Universität.

---

[1]) Tabelle II, Seite 56, ergibt z. B. bei 4,28 cm von der Anode eine ungeordnete Elektronenstromdichte von $2{,}66 \cdot 10^{-5}$ Amp./cm². Der Entladungsquerschnitt ist 12,6 cm² und der gesamte ungeordnete Elektronenstrom nach einer Seite wird damit $3{,}35 \cdot 10^{-4}$ Amp., während die Entladungsstromstärke $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ Amp. beträgt.

[2]) In Kurve 3 der Fig. 9 ist das statische Potential U_{st} gegen die Anode aufgetragen. Die schwache Neigung und der hohe Anodenfall von 53 Volt sprechen ebenfalls dafür, dass in grösserem Abstande von der Kathode das Raumpotential wesentlich von U_{st} abweicht, mehr als dem Wendepunkt W entspricht.