

Über den zeitlichen Verlauf von Strom und Spannung beim Einsatz der Glimmentladung

Autor(en): **Tank, F. / Ackermann, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **3 (1930)**

Heft VII

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-109813>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Über den zeitlichen Verlauf von Strom und Spannung beim Einsatz der Glimmentladung

von F. Tank und L. Ackermann.

(24. IX. 30.)

Zusammenfassung: Der zeitliche Verlauf von Strom und Spannung beim Einsatz der Glimmentladung wird mit Hilfe des Helmholtz'schen Pendels aufgenommen und seine Abhängigkeit von der Vorionisation untersucht.

Nachdem wir in einer früheren Notiz¹⁾ gezeigt haben, dass sich das Helmholtz'sche Pendel zur Aufnahme des zeitlichen Verlaufes der Spannungen beim Einsatz der Glimmentladung in Edelgasen verwenden lässt, möge in der folgenden Mitteilung über Versuche berichtet werden, die zum Ziele hatten, nach einer ähnlichen Methode den Stromverlauf beim Zündvorgang festzustellen, sowie die Frage nach dem Wesen der Verzögerungszeit weiter abzuklären. Die Ergebnisse berühren sich mehrfach mit solchen, die auf anderem Wege STEENBECK vor kurzem erhalten hat²⁾.

Die Strommessung wurde nach der in Fig. 1 im Prinzip dargestellten Schaltung ausgeführt, bei welcher wiederum das Helmholtz'sche Pendel Anwendung fand.

Bei geschlossenem Kontakthebel I des Helmholtz'schen Pendels liegt an der Entladungsröhre die Spannung E'_0 , welche einige Volt niedriger als die Zündspannung gewählt wird. Öffnet das fallende Pendel den Kontakt I , so tritt noch ein durch die Widerstände R und R_1 bestimmter Bruchteil der Spannung E_1 dazu. Die Gesamtspannung übersteigt nun um einen bekannten Betrag ΔE die Zündspannung, und das Spiel der Entladung beginnt. Nach Ablauf einer kleinen, einstellbaren Zeit t wird auch der Kontakthebel II weggeschlagen. Die Spannung e , welche in diesem Augenblick an den Enden des Widerstandes r bzw.

¹⁾ F. TANK und K. GRAF, *Helv. Phys. Acta* **2**, 33, 1929.

²⁾ M. STEENBECK, *Wiss. Veröffentl. a. d. Siemens Konzern.* **9**, 42, 1930 daselbst Literaturverzeichnis. Vergl. ferner: W. O. SCHUMANN, *Ztschr. f. techn. Physik* **11**, 131, 194, 1930; W. KRUG, *Ztschr. f. techn. Physik* **11**, 153, 227, 1930.

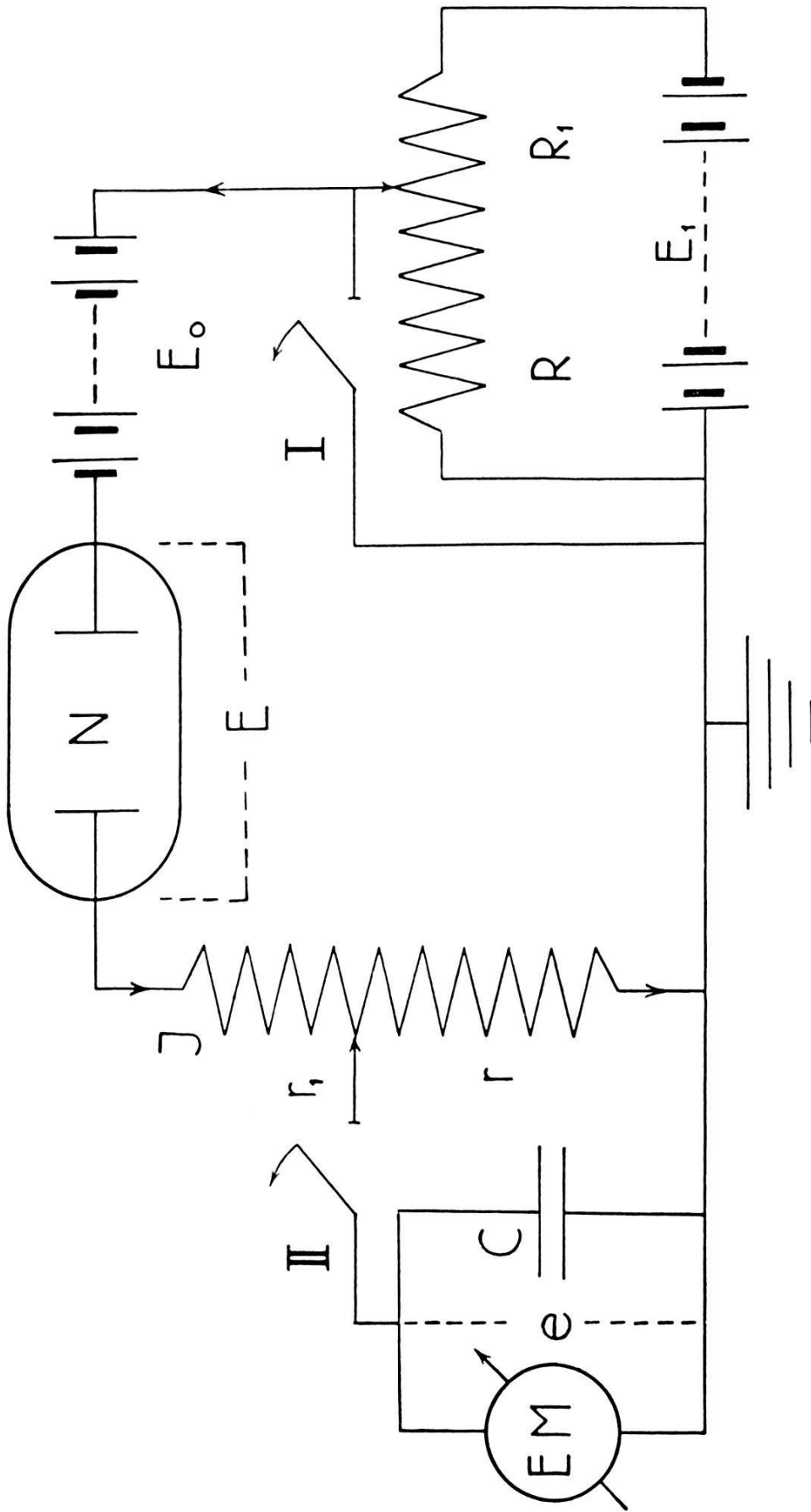


Fig. 1.

an der Kapazität C sich befindet, wird durch das Elektrometer EM angezeigt. Es gilt dann für den Strom

$$J = \frac{e}{r} + C \frac{de}{dt}.$$

Zweckmässig wird man ein Elektrometer kleiner Kapazität und hoher Empfindlichkeit benutzen. Durch Wahl des Widerstandes r und der Kapazität C kann man sich dem Betrag der Stromstärke in den Grenzen von etwa 10^{-8} Amp. bis zu einigen Milliamp. leicht anpassen. Es ist nur darauf zu achten, dass die Spannung e den Wert von Bruchteilen eines Volt nicht überschreitet, damit die besondere Wahl des Widerstandes r oder der Kapazität C ohne Einfluss auf die Bedingungen der Entladung bleibt, vielmehr die Entladung so vor sich geht, wie wenn die aufzuladende Seite des Elektrometers schon identisch mit der Erdung wäre.

Ein Beispiel, aufgenommen an einer Neon-Glimmlampe von Philips, geben wir in Fig. 2 wieder. Die statische Zündspannung betrug 107 Volt; es wurde stets mit einer Überspannung ΔE von etwa 4,5 Volt gearbeitet. Gleichzeitig ist auch noch der Verlauf der Spannung E an der Röhre eingezeichnet, welche wir in ähnlicher Weise wie früher¹⁾ erhalten haben, jedoch unter Anwendung eines Kunstgriffes, der mit Hilfe des Elektrometers eine viel genauere Spannungsmessung möglich machte. Es war ferner dafür gesorgt, dass man durch eine einfache Umschaltung von der Messung des Stromes zur Messung der Spannung übergehen konnte. Die Stromkurve ist in zwei getrennten Teilen gezeichnet, wovon der erste, linke in Einheiten von 10^{-6} Amp. aufgetragen ist, und der zweite, rechte in Einheiten von 10^{-3} Amp.

Die Betrachtung von Fig. 2 lehrt, dass die kleinen, unter 10^{-7} Amp. liegenden Anfangsstromwerte durch den kapazitiven Stromstoss beim Anlegen der Spannung vollständig überdeckt werden und höchstens interpoliert werden können. Ihre Messung stösst also auf grundsätzliche Schwierigkeiten. Man kann sich fragen, ob es überhaupt gelingen wird, den Strom gerade dort zu messen, wo ein Vergleich mit der Theorie besonders interessant ist, nämlich bei den kleinsten Anfangswerten. Doch dürfte die Existenz eines Stromes schon vor dem Eintritt des eigentlichen Durchbruches deutlich nachgewiesen sein. Dieser Strom ist es, welcher die für den ausserordentlich beschleunigten Stromanstieg

¹⁾ F. TANK und K. GRAF, l. c.

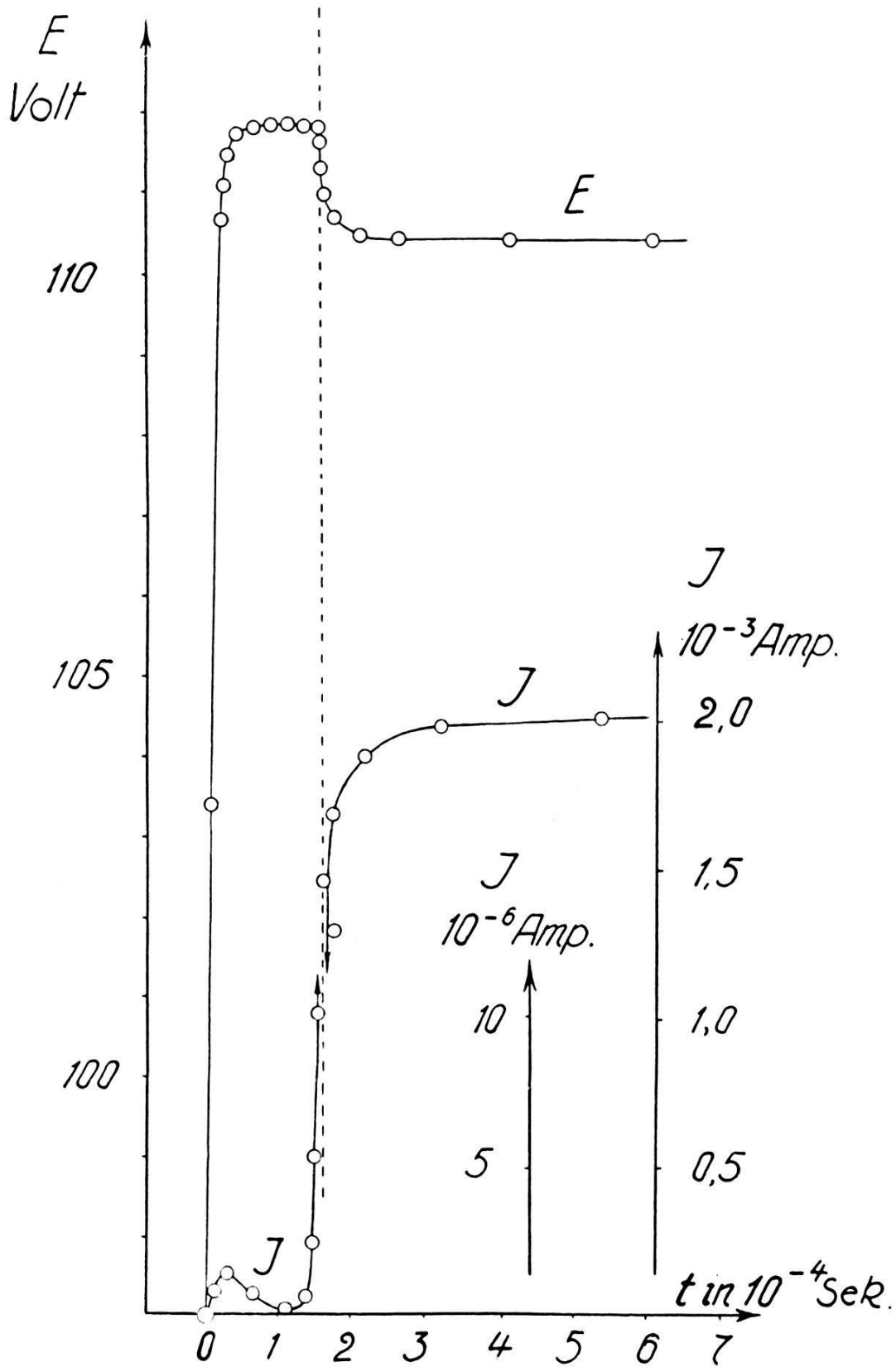


Fig. 2.

beim eigentlichen Durchbruch verantwortlichen Raumladungen schafft. Entsprechend den höheren Raumladungen bei grösserem Drucke wird dieser steile Anstieg mit wachsendem Drucke aus-

geprägter werden. STEENBECK¹⁾ hat die Abhängigkeit dieser Erscheinung vom Druck ausführlich untersucht und gezeigt, dass die Abweichung vom einfachen, exponentiellen Verlauf um so grösser wird, je höher der Gasdruck gewählt wird. Bei dem für unser Beispiel in Frage kommenden Druck von 10 bis 15 mm ist diese Abweichung bereits sehr bedeutend.

Die Zeitdauer des gesamten Zündvorganges ist durch den Grad der Vorionisation bestimmt. Da die eisernen Elektroden der von uns verwendeten Glimmlampe mit etwas Magnesium versehen waren, erwies sich die lichtelektrische Auslösung von Elektronen daselbst als ein besonders zweckmässiges Mittel zur Erzielung einer bestimmten Vorionisation. Fand schon bei der Aufnahme der in Fig. 2 wiedergegebenen Messungen eine Bestrahlung der Glimmlampe mit einer Quecksilberdampfampe statt, so zeigt Fig. 3 die Ergebnisse desselben Versuches, wenn diese Bestrahlung noch weiter gesteigert wird. Der Zündvorgang findet nun in bedeutend kürzerer Zeit statt und zeichnet sich aus durch besonders zuverlässige Reproduzierbarkeit.

Man kann sich fragen, ob die Stromkurven in Fig. 2 und 3 nicht durch Parallelverschiebung ineinander übergeführt werden können, also mathematisch durch eine Funktion darzustellen wären

$$J = F(t + \Theta)$$

wo Θ durch den Grad der Vorionisation bestimmt wäre und

$$J_0 = F(\Theta)$$

den durch die Vorionisation zur Zeit $t = 0$ verursachten Strom bedeuten würde. Die Messungen reichen zu einer Entscheidung noch nicht aus, doch wäre es denkbar, dass durch das Vorhandensein der Vorionisation die Zeitdauer des Zündvorganges um den Betrag abgekürzt wird, der sonst zur Erzeugung des Stromes J_0 notwendig wäre²⁾. Dabei soll ausdrücklich von dem reproduzierbaren Teil des Zündvorganges die Rede sein, nach STEENBECK³⁾ von der „Aufbauzeit“.

¹⁾ M. STEENBECK, *Wissensch. Veröffentl. aus d. Siemens Konzern* **9**, 42, 1930; *Naturwissensch.* **17**, 981, 1929; *Ztschr. f. techn. Physik* **10**, 480, 1929.

²⁾ Über die Erniedrigung der statischen Zündspannung durch Belichtung der Kathode vergl. U. A. OSCHWALD und A. G. TARRANT, *Proc. Phys. Soc.* **36**, 241, 1924; A. LAMBERTZ, *Phys. Ztschr.* **26**, 254, 1925; H. GREINACHER, *Phys. Ztschr.* **26**, 376, 1925.

³⁾ M. STEENBECK, *Wissensch. Veröffentl. a. d. Siemens Konzern* **8**, 88, 1930; *Ztschr. f. techn. Physik* **10**, 480, 1929. Vergl. auch W. BRAUNBEK, *Ztschr. für Physik*, **39**, 13, 1926.

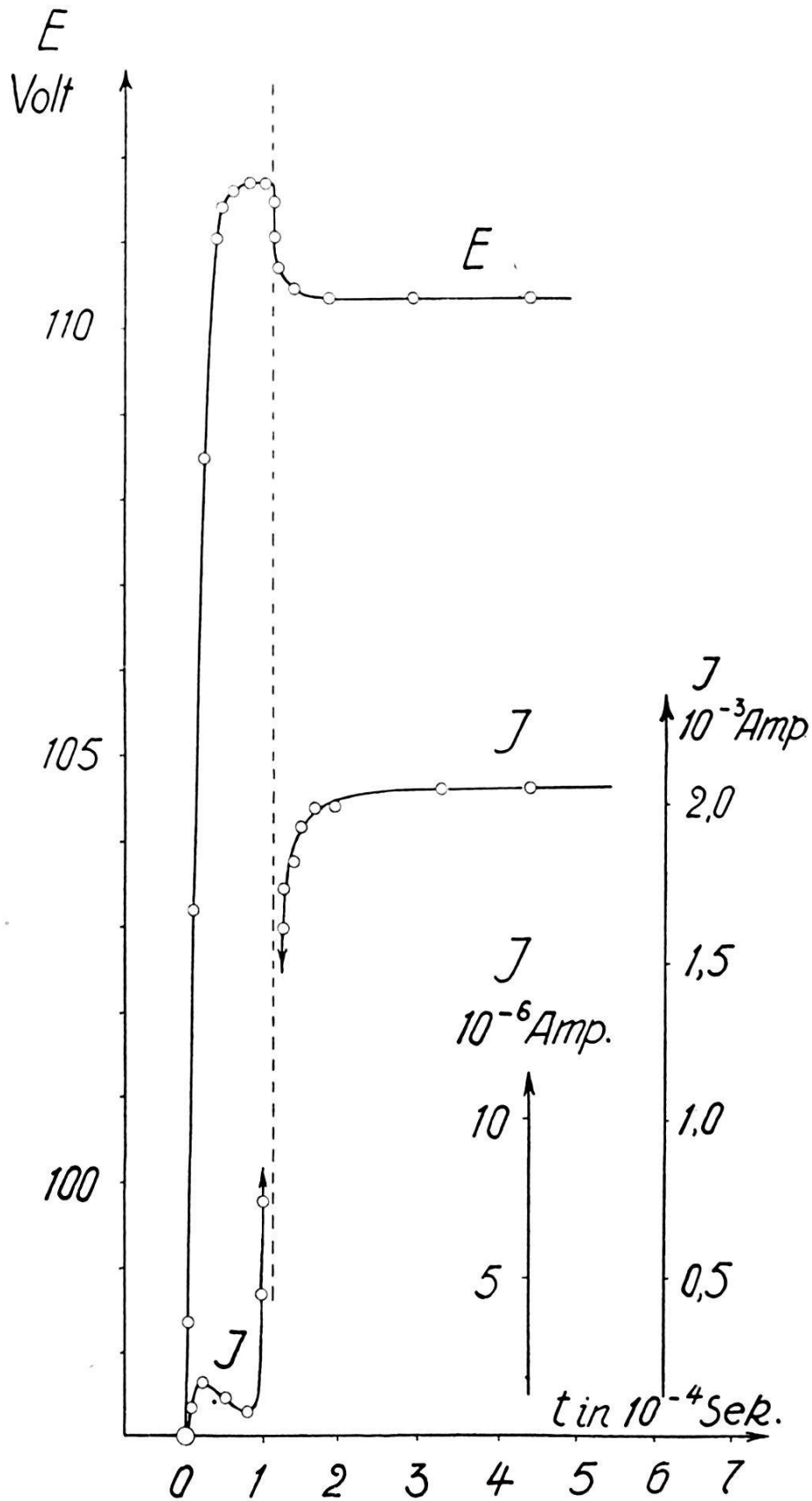


Fig. 3.

Die Verhältnisse ändern sich nämlich, wenigstens hinsichtlich der Reproduzierbarkeit, vollständig, wenn man zu ganz schwacher

Vorionisation übergeht. Die Schwankungen der Vorionisation machen sich dann auch als Schwankungen im zeitlichen Einsatz der Glimmentladung bemerkbar¹⁾; vor die „Aufbauzeit“ legt sich nach STEENBECK die statistisch schwankende „Vorstromzeit“; ihre Summe ergibt erst die gesamte „Verzögerungszeit“.

Fig. 4 zeigt Ergebnisse einer Messung, bei welcher durch sorgfältiges Einhüllen der Glimmlampe in schwarzes Papier

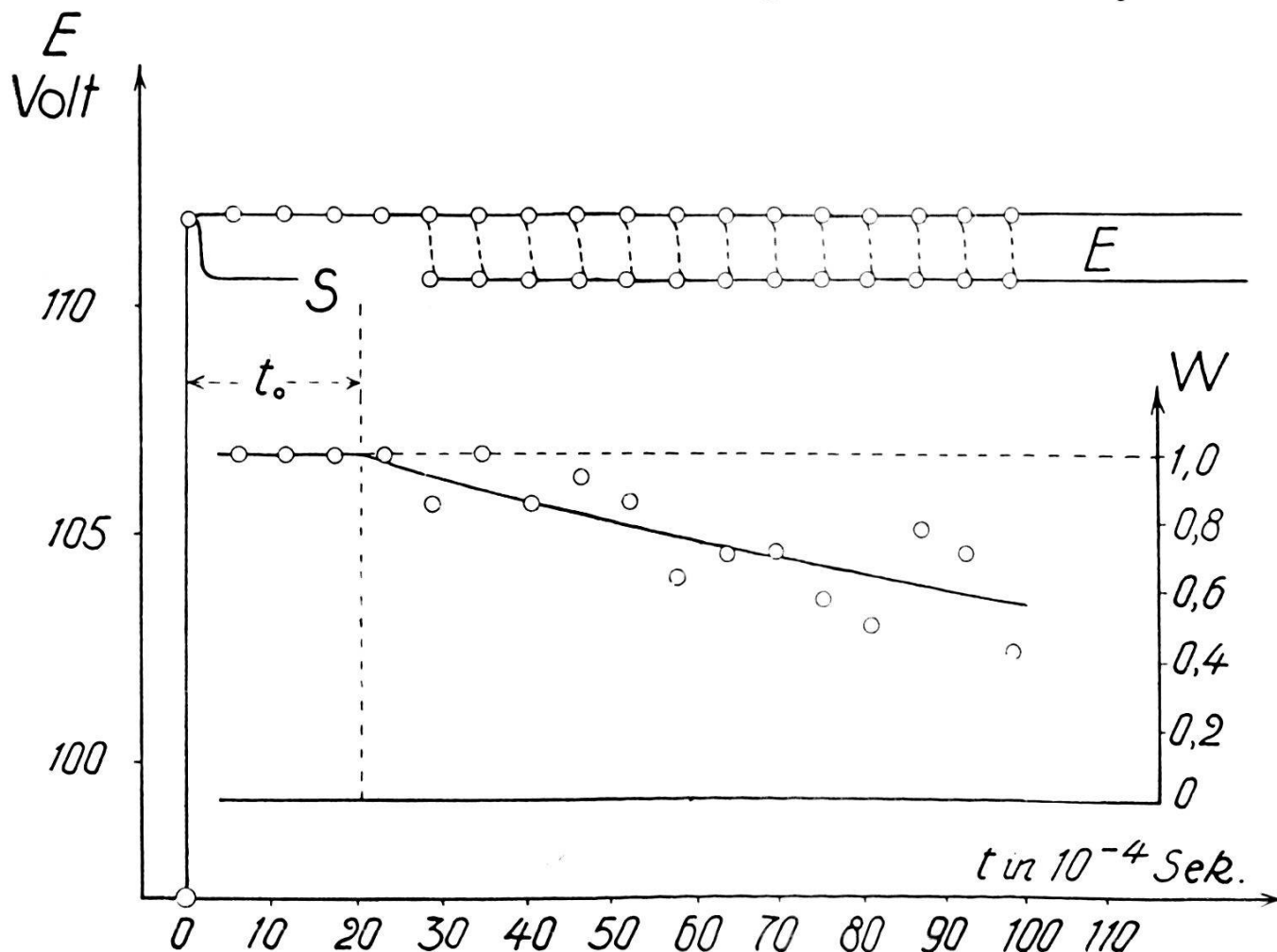


Fig. 4.

die Vorionisation infolge Belichtung nach Möglichkeit vermieden wurde. Die Vorstromzeit, welche vorher dank des genügenden Vorhandenseins primärer Elektronen sich als verschwindend klein erwiesen hatte, ist nun ausserordentlich gewachsen und zeigt weitgehende Streuungen. Der eigentliche Aufbau lässt sich nach unserer Methode nicht mehr messend verfolgen, sondern es ist nur möglich, bei einer bestimmten, am Pendel eingestellten Zeitdifferenz t zu ermitteln, ob die Entladung in diesem Zeitintervall schon eingesetzt hat oder noch nicht; nur sehr selten

¹⁾ Über die Verwendung der Glimmlampe als Zählkammer vergl. O. v. BAYER und W. KUTZNER, Ztschr. f. Physik **21**, 46, 1924.

trifft man durch Zufall gerade auf den aufsteigenden Ast der Stromkurve bzw. auf das abfallende Stück der Spannungskurve. Entsprechend liegen in Fig. 4 die Spannungswerte entweder nur auf dem höheren Betrag der Überspannung oder dem niedrigeren Werte der stationären Entladungsspannung. Wiederholt man am Helmholtzschen Pendel eine Messung bei einem festen Zeitintervall, so lässt sich aus einer grösseren Zahl N von Beobachtungen angeben, wie oft die Verzögerungszeit länger dauert als der am Pendel eingestellte Zeitwert t oder mit anderen Worten, welches die Wahrscheinlichkeit W dafür ist, dass die Verzögerungszeit grösser ist als ein bestimmtes, vorgegebenes Zeitintervall.

Die Ergebnisse einer solchen Statistik sind in Fig. 4 ebenfalls eingetragen¹⁾. Durch die stark streuenden Werte der in Zeitabständen von $5,75 \cdot 10^{-4}$ sec aufgenommenen Verhältniszahlen W ist eine interpolierte Wahrscheinlichkeitskurve hindurchgelegt. Wenn wir unsere Messungen auch noch nicht für hinreichend halten, um mit Sicherheit das Gesetz zu finden, so kann man doch einmal den durch Wahrscheinlichkeits-Betrachtungen nahegelegten Ansatz näher prüfen

$$W = \varepsilon^{-\frac{t-t_0}{T_0}}.$$

Da W nie grösser als Eins werden darf, so ist diese Formel nur für $t > t_0$ gültig; es käme nach ihr der Grösse t_0 die Bedeutung der nicht unterschreitbaren „Aufbauzeit“ zu und T_0 die Bedeutung der mittleren „Vorstromzeit“. Für den besonderen, in Fig. 4 vorliegenden Fall, folgt:

$$\begin{aligned} t_0 &= 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ sec} \\ T_0 &= 13,7 \cdot 10^{-3} \text{ sec} \end{aligned}$$

Ist die Überspannung so gross, dass jedes primär vorhandene Elektron auch eine Zündung einleitet, und sind die primären Elektronen genügend selten, dass nicht Entladungsanfänge, die von verschiedenen Elektronen herrühren, sich überlagern, so wird dann t_0 identisch mit derjenigen Zeit, welche notwendig ist um aus dem Stoss eines einzigen Elektrons heraus die stationäre Glimmentladung zu entwickeln. Dies wäre, die übrigen Verhältnisse als konstant vorausgesetzt, die grösst mögliche Aufbauzeit; durch steigende Vorionisation, etwa durch das Mittel der Bestrahlung, lässt sie sich zunehmend verkürzen. Die Kurve S

¹⁾ Über statistische Untersuchungen der Verzögerungszeit vergl. auch: K. ZUBER, Ann. d. Phys. (4), **76**, 231, 1925; M. v. LAUE, Ann. d. Phys. (4), **76**, 261, 1925; W. BRAUNBEK, Ann. d. Phys. (4), **78**, 423, 1925, Ztschr. für Physik **36**, 581, 1926; **39**, 6, 1926.

in Fig. 4 zeigt die Wirkung eines Radiumpräparates auf die Zerstörung der Vorstromzeit und die Verkürzung der Aufbauzeit. Die ausserordentlich starken Schwankungen sind beinahe vollständig verschwunden ($T_0 \sim 0$) und die Aufbauzeit erscheint um nahezu das Zehnfache verkürzt. Es wäre interessant, die Rolle der Vorionisation für noch viel stärkere Beträge zu untersuchen, z. B. unter Benutzung einer veränderlich heizbaren Glühkathode, wodurch der Übergang zum Studium der niedervoltigen Entladungsformen erreicht werden könnte.

Zürich, Physikalisches Institut der E. T. H.