

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 29 (1938)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Verfahren zur Aufnahme zweier verschiedenartiger Vorgänge mittels der Braunschen Röhre  
**Autor:** Sedlmayr, Konrad  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059374>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 28.04.2025

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

# SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

## REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

## ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 51.742  
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXIX. Jahrgang

N° 9

Mittwoch, 27. April 1938

## Verfahren zur Aufnahme zweier verschiedenartiger Vorgänge mittels der Braunschen Röhre.

Von Konrad Sedlmayr, Wien \*).

621.317.754

*Es wird eine Versuchsanordnung beschrieben, die ermöglicht, in einfacher Weise gleichzeitig Lichtbogenlänge und Lichtbogen Spannung zu messen und aufzuzeichnen.*

*L'auteur décrit un montage qui permet de mesurer et d'enregistrer sans difficulté simultanément la longueur et la tension de l'arc électrique, à l'aide d'un tube de Braun.*

Es wird ein Verfahren beschrieben, welches zur Aufnahme zweier verschiedenartiger Vorgänge mit der Braunschen Röhre (BR) verwendet werden kann. Von dem einen Vorgang wird wie üblich mit Hilfe der Ablenkplatten, an die die zu messende Spannung gelegt wird, durch den abgelenkten Kathodenstrahl ein strichartiges Bild auf dem Fluoreszenzschirm erzeugt, während das andere Ablenkplattenpaar geerdet bleibt. Die Zeitablenkung wird bei der Aufnahme selbst durch den in der Aufnahmevorrichtung ablaufenden Film erzeugt. Von dem zweiten aufzunehmenden Vorgang wird mit Hilfe von optischen Linsen, deren Anordnung und Aufstellung näher beschrieben werden soll, ein optisches Bild dieses Vorganges erzeugt, welches dann ebenfalls auf die Schirmfläche der BR geworfen wird. Die Veränderungen des zweiten Vorganges ergeben ein zeitlich verschieden langes Strichbild, welches nun gleichzeitig mit dem ersten Vorgang aufgenommen wird. Dieses Verfahren wird besonders dann anzuwenden sein, wenn veränderliche Längen von Lichtbögen aufgenommen werden sollen, eine Aufgabe, die in der Elektrotechnik in allen möglichen Varianten auftreten kann. Beispielsweise ein zwischen Elektroden, Kohle oder Metall gezündeter Lichtbogen, der wieder erlöschen soll, Lichtbögen bei Schützen, Schaltern, Löschfunkenstrecken, Hörnern usw. Im vorliegenden Fall soll bei einer mit Wechselstrom betriebenen Bogenlampe durch Anblasen mit Magnet oder Druckluft der Lichtbogen nahe an die Grenze des Auslöschens gebracht werden und dieser Vorgang durch Aufnahme von Bogenspannung und Lichtbogenlänge quer zur Elektrodenentfernung aufgezeichnet werden. Die Lösung dieser Aufgabe wäre auch durch Verwendung einer Filmkamera mit grosser Aufnahmebildzahl pro Sekunde möglich. Treten beispielsweise pro Wechselstromhalbwelle fünf Rückzündungen auf (bei Löschfunkenstrecken sind ohne weiteres zehn möglich), so

sieht man, dass, wenn jeder Rückzündungsvorgang bloss durch zehn Bilder dargestellt werden soll, 5 bzw. 10 000 Bilder pro Sekunde aufzunehmen wären, was immerhin von einer solchen Aufnahmekamera sehr grosse Leistungen verlangt<sup>1)</sup>. Meist sind jedoch Filmkameras für so hohe Aufnahmezahlen nicht vorhanden und man muss trachten, mit verhältnismässig einfachen Mitteln verwertbare Resultate zu erzielen. In diesem Falle wird man das vorliegende Verfahren anwenden, welches auch keinen grossen Verbrauch an Aufnahmematerial zur Folge hat. Das folgende beschränkt sich auf die Aufnahme eines Lichtbogens.

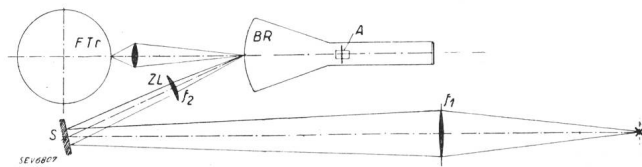


Fig. 1.

Schema der Messanordnung.

*L* Lichtbogen. *f*<sub>1</sub> Linse. *S* Spiegel. *f*<sub>2</sub> (ZL) Zylinderlinse. *BR* Braunsche Röhre. *A* Ablenkplatten. *FTr* Filmtrommel.

In Fig. 1 ist die Messanordnung schematisch angedeutet. Vom aufzunehmenden Lichtbogen *L* wird mit Hilfe der Linse *f*<sub>1</sub> (*f*<sub>1</sub> ist auch gleichzeitig die Grösse der Brennweite) das optische Bild des Lichtbogens auf dem Leuchtschirm der *BR* scharf eingestellt. Vorteilhaft wird in den Strahlengang ein Spiegel *S* eingeschaltet, um keine vom Lichtbogen direkt ausgesandten Strahlen auf den Schirm der *BR* zu bekommen. Dieses Bild hat nun noch den Nachteil, dass es kein Strichbild ist, das sich zur Aufnahme eignet. Von dem ersten Vorgang wird durch die Ablenkplatten naturgemäss ein Strichbild erzeugt. Man schaltet daher in den Strahlengang eine Zylinderlinse *f*<sub>2</sub> ein, welche das Bild des auf-

<sup>1)</sup> Literatur über Zeitlupenaufnahmen: O. Mayr, ETZ 1932, S. 75; J. Biermanns, ETZ 1932, S. 641; Kopeliowitsch, Bull. SEV 1932, S. 570; Roth, Bull. SEV 1932, S. 619; Ende, Z. f. theoret. Phys. 1932, S. 483.

\*) Eingang des Artikels: 30. Juli 1937.

zunehmenden Vorganges in ein Strichbild verwandelt, wobei die wenig interessierende Richtung des Bildes auf Strichstärke zusammengebracht wird. Die hiezu senkrechte Richtung wird in unveränderter Weise wiedergegeben, da die Zylinderlinse hier nur wie eine planparallele Platte wirkt. Es ist auch durch geschickte Aufstellung von Spiegeln möglich, eine Drehung des Bildes um  $90^\circ$  herbeizuführen und dann die zuerst unterdrückte Richtung ebenfalls aufzuzeichnen. Die Drehung um  $90^\circ$  ist nur deshalb nötig, weil bei der Aufnahme die Strichbilder zueinander parallel sein müssen. Um Phasengleichheit aller Bilder bei der Aufnahme zu erzielen, müssen die Strichbilder auf dem Schirm der BR in einer Geraden liegen. Die Einstellung geschieht am einfachsten, indem auf die Ablenkplatten eine so grosse Spannung aufgedrückt wird, dass der Ausschlag über den normal benutzten Teil der Schirmfläche über den ganzen Schirm verläuft und so das optische Bild damit leicht zur Deckung gebracht werden kann. Sollte die Phasengleichheit zufällig vor der Aufnahme verstellt worden sein, so genügt es, eine zweite Aufnahme bei stillstehendem Film zu machen. Die dort aufgenommene Entfernung der beiden Strichbilder auf dem Film entspricht der zeitlichen Phasenverschiebung der beiden aufgenommenen Bilder. Die Aufnahme bei stillstehendem Film kann auch zu Kontrollzwecken gemacht werden.

Die Aufnahme des Strichbildes hat natürlich gewisse Vor- und Nachteile. Es kann jeweils nur immer eine bestimmte Richtung erfasst werden; will man nur die Aenderungen in dieser Richtung aufnehmen, so ist dies wieder ein Vorteil. Die Registrierung des gesamten Bildes des Lichtbogens ist nicht möglich. Da immerhin die Aufnahme zweier Richtungen durchführbar ist, so bedeutet dies eine angenehme Erweiterung, da bei veränderlichem Elektrodenabstand die Lichtbogenlängen in beiden Richtungen aufgenommen werden können. Das Strichbild verfügt natürlich über grössere Helligkeit als das Gesamtbild, was den Vorteil bietet, grosse Filmgeschwindigkeiten verwenden oder mit sehr schmaler Strichbreite aufnehmen zu können. Wie Fig. 1 zeigt, kommen die Strahlen des Lichtbogens von der linken Seite auf den Schirm. Da aber bekanntlich bei einer Mattscheibe die Strahlen, die gegen den Beschauer zugehen, heller erscheinen als die, die in der Richtung des Beschauers auftreffen, so wird das optische Bild nicht so lichtstark sein. Man kann dann, besonders wenn der Schirm stark durchscheinend ist, vor der BR einen weissen Papierkarton mit glänzender Oberfläche anordnen, der zur Aufnahme des optischen Bildes benutzt wird und auch für höhere Filmgeschwindigkeiten ein genügend helles Bild ergibt.

Da für die Einstellung und Schärfe des Strichbildes gewisse Bedingungen zu erfüllen sind, um eine für die Aufnahme geeignete Wiedergabe zu erhalten, soll der Strahlengang noch etwas genauer betrachtet werden. In Fig. 2 ist der Strahlengang vom Lichtbogen  $L$  aus dargestellt. In einer Entfernung  $g_1$  ist die Linse  $f_1$  mit dem optischen Mittel-

punkt  $O_1$  aufgestellt. Für den Strahlengang in der vertikalen Ebene, in welcher die Zylinderlinse  $f_2$  keine Wirkung haben soll, erhält man das Bild  $B_1$  in der Entfernung  $b_1$  von Linse  $f_1$ . In der horizontalen Ebene wirkt die Zylinderlinse  $f_2$  mit dem optischen Mittelpunkt  $O_2$  und der Brennweite  $f_2$  und

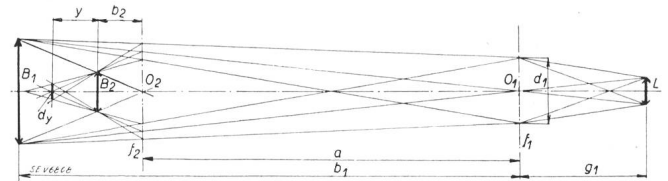


Fig. 2.  
Strahlengang.

ergibt das Bild  $B_2$ . Dieses wird in einer Entfernung  $b_2 + a$  von  $O_1$  liegen, welche kleiner als die Bildweite  $b_1$  sein wird. Bild  $B_2$  wird kleiner sein als  $B_1$  und liegt ausserdem in einer ganz anderen Ebene als  $B_1$ . Damit ist uns aber in keiner Weise gedient. Betrachtet man den Strahlengang bei  $B_2$ , so ergibt sich, dass hinter  $B_2$  gegen den Leuchtschirm hin ein unscharfes, aber viel kleineres Bild entsteht, welches in der Entfernung  $y + b_2$  von der Zylinderlinse nur noch die Breite  $d_y$  besitzt. Diese Breite, die die bereits erwähnte Strichbreite ist, entspricht, wie später gezeigt wird, der optischen Abbildung der Blende der Linse  $f_1$ . Nun ist noch die Aufgabe zu erfüllen, die Stelle der kleinsten Breite  $d_y$  mit der Stelle des Bildes  $B_1$  zusammenfallen zu lassen. Praktisch wird man daher die Zylinderlinse  $f_2$  solange bei der Einstellung vom Leuchtschirm wegbewegen müssen, bis die geringste Strichbreite erreicht ist. Immerhin ist es von Vorteil, wenn  $f_1$  und  $f_2$  und  $g_1$  feststehen, um die einzelnen Entfernungen berechnen zu können.

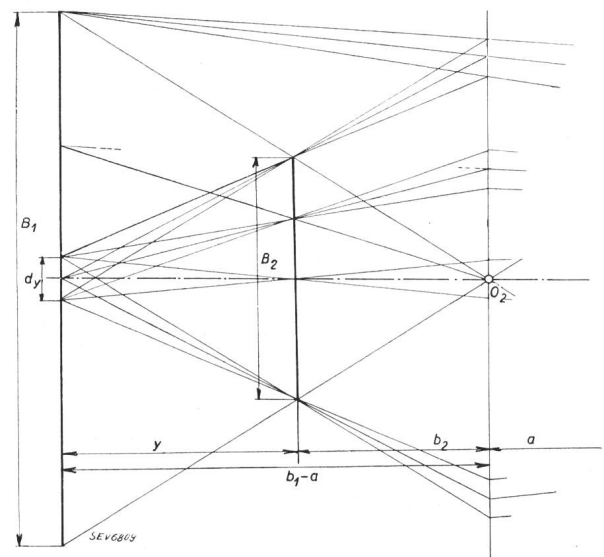


Fig. 3.

Strahlengang, bei Einstellung auf geringste Strichbreite.

In Fig. 3 wurde bereits Zusammenfallen von  $B_1$  und  $d_y$  als erreicht angenommen. Es ist dann nach Fig. 3 und 2

$$B_2 = B_1 \frac{a}{b_1} \cdot \frac{y}{b_2 + y} = B_1 \frac{b_2}{b_1 - a} \quad \text{oder}$$

$$y = \frac{b_1 \cdot b_2}{a(b_1 - a) - b_1 b_2} = \frac{b_1 \cdot f_2^2}{(a - f_2)(b_1 - a + f_2)}.$$

Nun ist aus geometrischen Gründen  $y = \frac{b_1 b_2}{a}$  oder die Entfernung  $a$  der beiden Linsen voneinander

$$a = \frac{f_1 g_1}{2(g_1 - f_1)} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{4f_2(g_1 - f_1)}{f_1 \cdot g_1}} \right)$$

Die Entfernung der Zylinderlinse vom Leuchtschirm  $b_1 - a$  wird mit

$$b_1 - a = \frac{f_1 g_1}{2(g_1 - f_1)} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4f_2(g_1 - f_1)}{f_1 \cdot g_1}} \right)$$

erhalten. Ist nun

$$\frac{4f_2(g_1 - f_1)}{f_1 g_1} \ll 1,$$

so wird die Entfernung Zylinderlinse-Leuchtschirm  $b_1 - a = f_2$ . Wenn also die Linse  $f_1$  vom Leuchtschirm soweit weg ist, dass die Strahlen praktisch genügend genau als parallel angesehen werden können, so wird die Zylinderlinse im Abstände  $f_2$  (Brennweite der Zylinderlinse) vom Leuchtschirm anzuordnen sein.

Es ist noch die Strichbreite des Bildes zu berechnen und zu untersuchen, in welcher Weise erreicht werden kann, möglichst schmale Strichbilder zu erhalten. Nach Fig. 2 und 3 wird die Breite des Strichbildes

$$d_y = d_1 \frac{b_1 - a}{b_1} \cdot \frac{y}{b_2}; \text{ nun ist } y = \frac{b_1 b_2}{a} \text{ und daher}$$

$$\text{die Strichbreite } d_y = d_1 \frac{b_1 - a}{a}$$

Die Breite  $d_y$  ist also proportional der Oeffnung der Linse  $f_1$  sowie dem Abstände der Zylinderlinse vom Leuchtschirm. Sie wird um so kleiner, je grösser die Entfernung der Zylinderlinse von der Abbildungslinse  $f_1$  wird. Setzt man für  $b_1$  und  $a$  die früher ermittelten Werte ein, so wird

$$d_y = d_1 \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{4f_2(g_1 - f_1)}{f_1 g_1}}}{1 + \sqrt{1 - \frac{4f_2(g_1 - f_1)}{f_1 g_1}}}$$

Es wurde für  $a$  der Wert der Wurzel als positiv eingesetzt; und die eben ermittelte Formel für die Strichbreite zeigt nun, dass dann auch die kleinere Strichbreite erhalten wird, was ja erwünscht ist.  $a$

nach der negativen Wurzel einzustellen, hat keinen Sinn, da hier  $d_y$  als mehrfaches der Oeffnung  $d_1$  erhalten wird.

Für den Fall, dass die Bildweite  $b_1$  um vieles grösser ist als die vierfache Brennweite der Zylinderlinse, beträgt die Strichbreite

$$d_y = d_1 \frac{f_2}{a} = d_1 \frac{f_2}{b_1 - b_2}$$

Sofern  $f_1$ ,  $f_2$  und  $g_1$  festgelegt sind, ergibt sich die Strichbreite  $d_y$  als Teil der wirksamen Oeffnung  $d_1$  der Linse  $f_1$  oder man kann die noch mögliche Oeffnung bei gewünschter maximaler Strichbreite festlegen.

Es hat sich nun bei diesem Aufnahmeverfahren der interessante Fall ergeben, dass in der einen Richtung mit einem tatsächlichen Bild des Vorganges, in der hiezu senkrechten mit einer Einstellung gearbeitet wird, die in keiner Weise dem neuen, durch die Verwendung der Zylinderlinse bedingten Bild entspricht. Es muss, um die gewünschte, schmale Strichbreite zu erhalten, in der tatsächlichen Einstellung über die sich ergebende Bildweite hinausgegangen werden. Es ist daher wohl von Interesse, welcher Gegenstandsweite  $x$  die wirkliche Einstellung entspricht. Offenbar muss

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{b_1 - a} = \frac{1}{f_2}$$

sein, woraus

$$x = \frac{f_2(b_1 - a)}{b_1 - a - f_2} = a$$

erhalten wird, was auch aus dem Strahlengang Fig. 2 hervorgeht. Bei genauer Einstellung auf kleinste Strichbreite erhält man die Blende  $d_1$  der Optik  $f_1$  abgebildet, während in der senkrechten Richtung die Blende nur zur Vergrößerung der Tiefenschärfe dient. Aus diesem Umstande ergibt sich die wertvolle Tatsache, dass bei Registrierung, z. B. der Längsrichtung, eine seitliche Schwankung des Lichtbogens keine seitliche Bildverschiebung bewerkstelligen kann, also stets, wenn nicht die Blende selbst verschoben werden sollte, ein zeitlich richtiges Bild erhalten wird. Die Analyse der Bewegungsrichtung ist als eine vollständige zu bezeichnen; nur diejenigen Bewegungen des Lichtbogens werden registriert, die in der Richtung der Erzeugenden der Zylinderlinse verlaufen, seitliche Schwankungen haben keinen Einfluss, da hier bloss die Blendenöffnung abgebildet wird.

Für die in Fig. 4 gezeigten Aufnahmen wurden zwei in einer Geraden angeordnete Kohlen einer

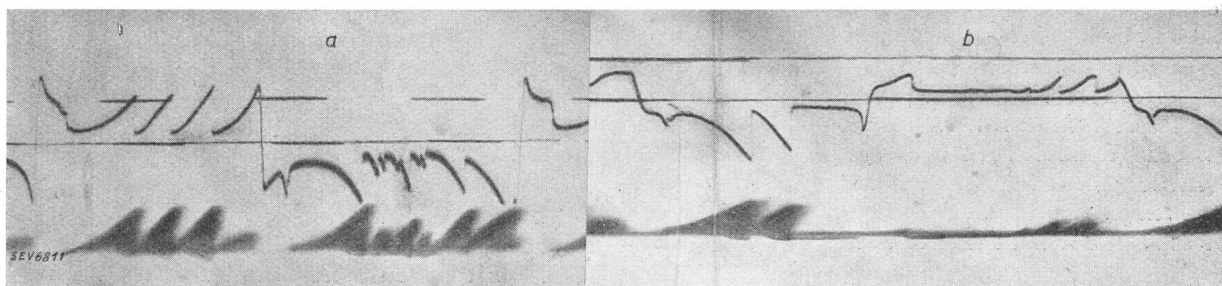


Fig. 4. Lichtbogenaufnahmen, Oszillogramme in  $\frac{1}{2}$  der natürlichen Grösse.

Bogenlampe verwendet; der Lichtbogen wurde nur so stark angeblasen, dass Rückzündungen erfolgten. Die Länge des Lichtbogens quer zu den Kohlen, also in der Richtung des Luftstromes, wurde gemeinsam mit der Bogen Spannung aufgezeichnet. Die verwendete Linse hatte  $f_1 = 200$  cm Brennweite; man hätte sie auch behelfsweise durch ein normales Brillenglas mit 0,5 Dioptrien ersetzen können. Die Zylinderlinse besass  $f_2 = 8$  cm. Die Gegenstandsweite war gleich der doppelten Brennweite, um am Schirm das Bild in Naturgrösse zu erhalten. Da hier auch  $b_1 = 400$  cm erhalten wird, ist  $4f_2 : b_1 = 0,08$  und die Entfernung der beiden Linsen

$$a = \frac{400}{2} (1 + \sqrt{1 - 0,08}) = 391,84 \text{ cm}$$

sowie der Abstand der Zylinderlinse vom Leuchtschirm

$$b_1 - a = \frac{400}{2} (1 - \sqrt{1 - 0,08}) = 8,16 \text{ cm}$$

Da hier wegen der grossen Bildweite  $b_1$  und der verhältnismässig kleinen Brennweite der Zylinderlinse  $f_2$  die Strahlen schon fast parallel verlaufen, ist der Abstand der Zylinderlinse vom Leuchtschirm schon annähernd gleich der Brennweite  $f_2$ .

Bei der Aufnahme war die Oeffnung der Linse  $d_1 = 45$  mm. Die Strichbreite wird daher

$$d_y = 45 \cdot \frac{1 - \sqrt{1 - 0,08}}{1 + \sqrt{1 - 0,08}} = 0,943 \text{ mm.}$$

Die erreichte Strichstärke von nicht einmal einem Millimeter kann für die Aufnahme als vollkommen hinreichend bezeichnet werden.

Es ist wohl überflüssig zu erwähnen, dass bei Verwendung der elektrischen Weichen<sup>2)</sup> zwei elektrische Vorgänge mittels der Ablenkplatten aufgenommen werden können und auf diese Weise eine gleichzeitige Aufnahme von Bogen Spannung, Strom und Bogenlänge möglich gemacht wird. In Oszillogramm 4a und b ersieht man deutlich die Aenderung der Lichtbogenlänge während der verschiedenen Halbwellen. Auch den kleineren Zacken in der Spannungslinie entsprechen analoge Aenderungen der Lichtbogenlänge quer zur Elektrodenentfernung. Sofern der Ansatzpunkt des Lichtbogens auf der Elektrode weiter nach oben oder nach unten wandert, sieht man eine mehr oder minder schräg verlaufende untere Begrenzungslinie dieser dreieckartigen Figuren, z. B. dritte Zacke der ersten Halbwelle Osz. a. Dass die Schwärzung dieser Lichtbogenbilder in der Vertikalen ungleich ist, hat seine Ursache in dem gleichzeitigen Bestehen zweier Lichtbögen. Ihre jeweiligen Spitzen entsprechen den Stellen grösster Schwärzung auf dem photographischen Papier. Man soll sich stets bei Betrachtung des Oszillogrammes vor Augen halten, dass die Längen in der Elektrodenentfernung auf Strichstärke zusammengeschrumpft sind, die Längen senkrecht dazu aber in der wirklichen Grösse erscheinen. Die

erste Halbwelle in Osz. b zeigt zuerst zwei Rückzündungen, denen ein ungedehnter Lichtbogen folgt, der auf der Unterseite der Elektroden brennt. Die glühende Kohlenelektrode erzeugt den deutlich sichtbaren durchlaufenden Strich, unterhalb dessen das Lichtbogenbild verläuft. Die nächste Halbwelle zeigt dies in ähnlicher Weise, wesentliche Dehnungen des Lichtbogens finden nicht statt. Form der Spannungslinie und Lichtbogenlänge entsprechen einander genau. Dieses Aufnahmeverfahren wurde bis zu Papiergeschwindigkeiten von 5...10 m/s verwendet, wobei als Aufnahme fläche für das optische Bild statt des Leuchtschirmes selbst ein davor angebrachter weisser Karton mit glänzender Oberfläche verwendet wurde. Durch die nötige Abblendung des Objektives  $f_1$  (wegen kleiner Strichstärke) ist die Aufnahmegeschwindigkeit beschränkt. Das Aufnahmeverfahren ist jedoch einfach und bietet geringere Schwierigkeiten bei der Einstellung, als wenn die Strahlen direkt bis zum Aufnahme film geworfen werden. Darüber soll nun kurz berichtet werden.

Dieses zweite Verfahren setzt sich zum Ziele, die immerhin vorhandene Beschränkung der Schreibgeschwindigkeit soweit zu ändern, dass die Aufnahmegeschwindigkeit der Braunschen Röhre voll ausgenützt werden kann. Die Erhöhung der Aufnahmegeschwindigkeit wird bei normalem Wechselstrom nicht so unbedingt nötig sein. Treten jedoch Schwingungen höherer Frequenz auf, wie dies bei vorhandenem Schwingungskreis möglich ist, so wird es nötig sein, die Filmgeschwindigkeit auf 10...20 m/s zu erhöhen. In diesen Fällen wird man die Anordnung etwas ändern und statt des Schirmes der BR bzw. des weissen Kartons einen Spiegel anordnen und mit direktem Strahlengang arbeiten. Die Anordnung ist im Prinzip die gleiche; die Grösse des Bildes  $B_2$  (Fig. 5) in der Spiegelebene ist jedoch

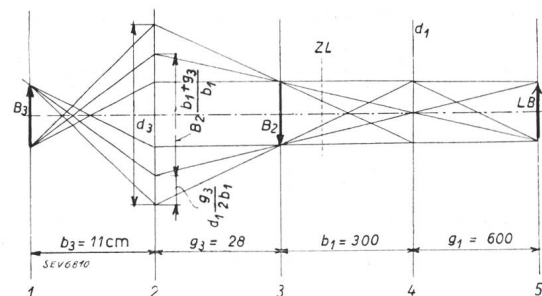


Fig. 5.

Anordnung für direkten Strahlengang bei höheren Filmgeschwindigkeiten.

- 1 Filmtrommel, 2 Aufnahme-Objektiv  $f_2 = 8$  cm.  
3 Schirmfläche der BR und Spiegel, 4 Linse,  $f_1 = 200$  cm,  
5 LB Lichtbogen.

beschränkt. Vom weissen Karton kann mit der Aufnahmeoptik ein Bild aufgenommen werden, welches so gross sein kann, als der Aufnahmewinkel des Objektives zulässt. Ist aber ein Spiegel (Fig. 4) angeordnet, so werden die Strahlen in genau definierter Weise zur Aufnahmeoptik geworfen, welche nur ein Strahlenbündel von der Grösse ihrer Oeffnung  $d_3$  durchlassen kann. Sonst erscheinen die Ränder abgeschnitten; man bekommt bei solch schlechter Einstellung nur einen Teil des Lichtbogens abgebil-

<sup>2)</sup> E. u. M. 1936, H. 35, S. 409, mit weiteren Literaturangaben.

det. Stellt man mit einer Mattscheibe die Aufnahmeoptik ein, so bemerkt man einen hellen Fleck, innerhalb welchem das Lichtbogenbild zur Gänze erscheinen muss. Vorsichtshalber wird man das Bild kleiner als den Durchmesser dieses Fleckes machen, um einen gewissen Spielraum zu haben. Die Einstellung erfordert etwas Geschicklichkeit; auch hier ist es wieder vorteilhaft, die einzelnen Entfernungen zu berechnen und mit dem Messband einzustellen. Es sei die maximale Grösse des Bildes  $B_2$  auf dem Spiegel berechnet, um keine Vignettierung zu erhalten. Bei Bild  $B_2$  schneiden die Strahlen unter einem Winkel und ergeben in der Ebene der Aufnahmeoptik eine nötige Oeffnung des Objektes von

$$B_2 \cdot \frac{b_1 + g_3}{b_1} + d_1 \cdot \frac{g_3}{b_1} = d_{3\min}$$

Im vorliegenden Fall besass die Aufnahmeoptik eine rel. Oeffnung  $f : 2$  bei 8 cm Brennweite, womit  $d_3 = 4$  cm erhalten wird. Das Strichbild  $B_2$  wurde mit 25 mm auf dem Spiegel in der Ebene der BR eingestellt; bei den in Fig. 5 eingetragenen Abständen wird eine nötige Oeffnung von

$$d_3 = 25 \cdot \frac{328}{300} + 15 \cdot \frac{28}{300} = 29 \text{ mm}$$

erhalten. Damit ist genügende Gewähr vorhanden, den Lichtbogen mit hinreichender Sicherheit zur Gänze abzubilden. Die Längen erscheinen auf der Filmtrommel im Verhältnis 1 : 5 verkleinert. Einstellung und Berechnung der übrigen Abstände erfolgt wie beim ersten Verfahren beschrieben. Wäh-

am Ende). Gleichen Zeiten entsprechende Punkte wurden gleich und fortlaufend bezeichnet.

Oszillogramm a zeigt in 2 und 3 deutlich das Vorhandensein von zwei bzw. drei Lichtbögen im Moment des Ueberganges von Zacke 2 auf 3 bzw. 3 auf 4. Die dreieckartigen Figuren haben ein kurzes Stück eine fast horizontal verlaufende obere Begrenzung, welche das Nachleuchten der Gashülle (ca.  $0,5 \cdot 10^{-3}$  s) darstellt. Das analoge Stück der unteren Begrenzung entspricht in der Neigung der Geschwindigkeit des Luftstromes (etwa 6 m/s). Da durch diesen die noch leuchtende Gashülle in die kältere Umgebung hinausgeschoben wird und sich fast plötzlich abkühlt, kann die fast horizontal verlaufende, obere Begrenzung dieser Dreiecke erklärt werden. Bei Beginn des horizontalen Verlaufes besteht bereits der neue Lichtbogen, wie aus dem Spannungsozillogramm unzweideutig hervorgeht.

Um das gleichzeitige Bestehen von Lichtbögen genau ersichtlich zu machen, wurde die Anordnung in der Weise abgeändert, dass die Zylinderlinse weggelassen und vom Spiegel in der Ebene der BR nur ein 0,7 mm breiter Teil benutzt wurde<sup>3)</sup>. Dieser wurde so eingestellt, dass das Mittelstück des Lichtbogens allein abgebildet wurde. Ein Lichtbogen muss auf dem Film eine Linie beschreiben. Mit dieser Anordnung wurde Osz. b erhalten, aus dem man das gleichzeitige Bestehen von zwei Lichtbögen ersehen kann. Dem Erlöschen des ersten Lichtbogens geht das Entstehen des folgenden Lichtbogens voraus, wodurch eben kurze Zeit (etwa  $10^{-3}$  s) zwei Lichtbögen gleichzeitig bestehen.

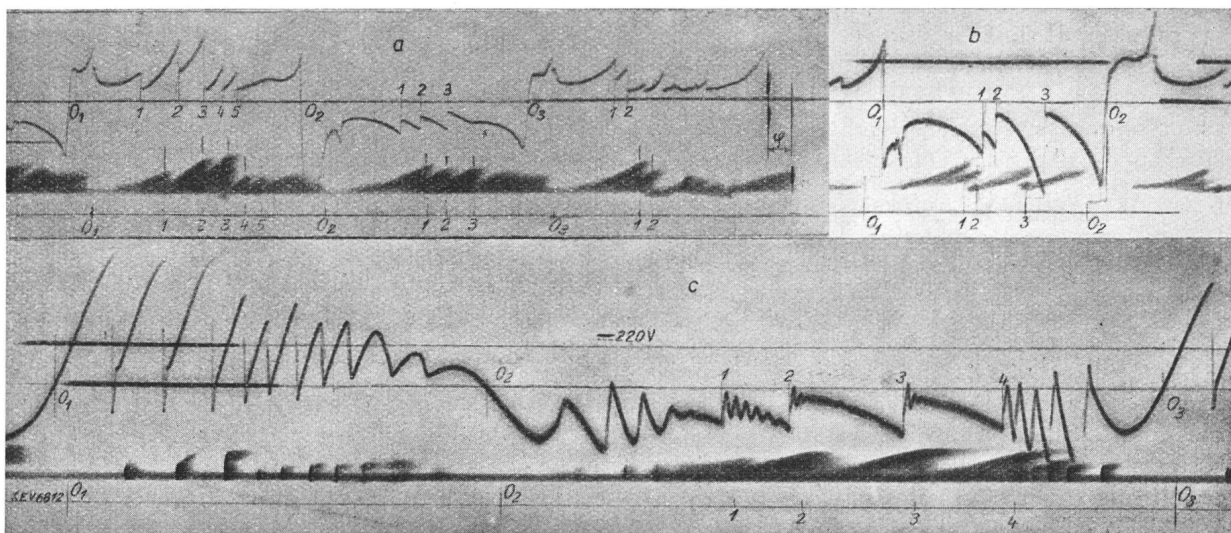


Fig. 6. Lichtbogenaufnahmen. Osz. in  $\frac{1}{2}$  der natürlichen Grösse.

rend die Blende  $d_1$  dort 45 mm betrug, wurde sie hier 15 mm und weniger gemacht und jederzeit hinreichende Schwärzung des Aufnahmемaterials erreicht.

Bei den Oszillogrammen Fig. 6 wurde, um gegebenen Falles ein Ueberschreiben der beiden Vorgänge zu ermöglichen, auf die zeitlich phasengleiche Wiedergabe verzichtet und stets eine zweite Aufnahme bei stillstehendem Film gemacht (Osz. a

Oszillogramm c zeigt die Aufnahme eines Lichtbogens, dem ein Schwingungskreis aus einer Spule mit 20 Windungen und  $20 \cdot 10^{-6}$  F Kapazität parallel geschaltet war. In der Halbwelle  $0_1 0_2$  bestehen nur Kondensatorentladungen, aber kein Wechsel-

<sup>3)</sup> Eine ähnliche Anordnung benutzten Kirchstein und Koppelman, Photographische Aufnahmen elektr. Lichtbögen grosser Stromstärke, wissenschaftl. Veröffentl. d. Siemenskonzerns, Bd. 13/3. 1934, S. 52, mit weiteren Literaturangaben.

stromlichtbogen, wie aus dem Lichtbogenbild unmittelbar hervorgeht. In der zweiten Halbwelle  $0_2 0_3$  treten wieder zuerst Kondensatorentladungen auf, denen ein Wechselstromlichtbogen folgt (1, 2, 3), dem sich einige Kondensatorschwingungen überlagern, wie aus der verschieden starken, zeitlichen Schwärzung des Lichtbogenbildes zu ersehen ist. Nach 4 treten nur Kondensatorentladungen auf. Das Oszillogramm ist auch deshalb bemerkenswert,

weil die möglichen Fälle in zwei Halbwellen zu sehen sind.

Die beschriebenen Versuche wurden im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Wien ausgeführt und ich möchte an dieser Stelle Herrn o. ö. Prof. Dr. Ing. E. Wist für sein besonderes Entgegenkommen und die tatkräftige Förderung der Versuche auf das Herzlichste danken.

## Elektrische Bodenheizung in Gewächs-Treibanlagen.

### Ergänzungsbericht

als Fortsetzung der Statistik über ausgeführte Elektrobeete (siehe Bull. SEV 1935, Nr. 23).

Von C. Strobel, Gruppalto.

621.354.9 : 631.544.4

#### 1. Rückblick.

Der im Bull. SEV 1935, Nr. 23, S. 638, veröffentlichte Bericht enthält einen Ueberblick über die damaligen Erfahrungen mit elektrischen Triebbeetheizungen und in Pos. 1 ... 33h der Tabellen alle Daten der auf schweizerischem Gebiet ausgeführten Elektrobeete; die Positionen 34 ... 78 beziehen sich auf die damals bekannten ausländischen Anlagen.

#### 2. Die früheren Ergebnisse.

Als nach dem Sichten der Unterlagen hierzu die Angaben in die Rubriken I ... XV der Tabellen eingereiht waren, ergaben sich zunächst in Kolonne VI ... X wenig zusammenhängende Aufzeichnungen über Produkte, Heizdauer und Temperaturen, dagegen eine gewisse Uebereinstimmung innerhalb jeder Beetgattung in Rubrik XIII ... XIV bei den spezifischen Werten:  $W/m^2$  Beetfläche und aufgewendeten kWh/ $m^2$  und Tag.

In Rubrik XV, bei den Anlagekosten pro  $m^2$  Beetfläche und den Berechnungen über Wirtschaftlichkeit war wieder weniger Einheitlichkeit zu erkennen, wie bei Versuchsanlagen kaum anders zu erwarten war.

Ziemlich übereinstimmend waren die Merkmale, die die drei hiezulande üblichen Heizverfahren — Mistpackung, Warmwasser, Elektrizität — im Betrieb charakterisieren. Dies findet sich ausführlich dargestellt auf Seite 648 ... 651 des erwähnten Bulletin.

Bei den Daten der in der Schweiz installierten Heizungen ist über Eignung der verschiedenen Anordnungen und über die Dauerhaftigkeit der Materialien nach diesen paar Betriebsjahren noch wenig zu finden. Diese Erwägungen sind den neueren Untersuchungen vorbehalten.

#### 3. Die neue Umfrage.

Zwecks Aufstellung gewisser Richtlinien über die Elektrobeete mussten weitere Daten und Erfahrungen

gewonnen werden. Das Generalsekretariat des SEV und VSE richtete an einige Elektrizitätswerke ein Zirkular, worin Nennung geeigneter Objekte sowie Ermöglichung der Aufnahme von Daten an Ort und Stelle gewünscht wurde.

Vier Werke antworteten, dass ihnen in ihrem Gebiet keine Triebbeetheizungen bekannt wären. Sechs Werke machten die gewünschten Angaben. Um eine der grossen einheimischen Treibanlagen mit elektrischem Heizkessel in die Studie einzubeziehen, wurde auch die an einer solchen Anlage beteiligte Direktion der Tessiner Landwirtschaftlichen Schule Mezzana in Balerna angefragt.

Die gesammelten Daten sind in Pos. 79 ... 90 der hier veröffentlichten Tabellen als Fortsetzung zur Statistik aufgeführt.

#### 4. Die neuen Daten und Erfahrungen.

Die neuen Angaben weisen noch nicht die gewünschte Vollständigkeit auf; denn eingehende Befragungen der Gärtner sind, besonders in Krisenzeiten, nicht möglich. Nachdem die Zahl der Elektrobeete in der Schweiz nicht gross ist, wird man sich mit den gegebenen Auskünften begnügen und sie allenfalls später ergänzen. Sie sind hinreichend, um einen Blick in typische Ausführungen der hiezulande üblichen Elektrobeetgattungen zu tun. Es sind nämlich vertreten:

das Beet mit Bodenheizung;  
das Beet mit Boden- und Luftheizung;  
das Treibhaus mit Bodenheizung;  
die aus Boden- und Luftheizung bestehende zusätzliche Heizung im Treibhaus;  
das Ueberwinterungsbeet;  
das Spalierhaus, das Gurkenhaus, der Block.

Es musste wenigstens darauf gesehen werden, ausser den statistischen Daten Antwort zu erhalten auf folgende Fragen a ... c: