

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 26 (1935)

**Heft:** 24

**Artikel:** Ueber einige neuere Konstruktionen und Entwicklungsarbeiten am Kaltkathodenstrahl-Oszillographen

**Autor:** Induni, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060349>

#### **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:** 16.01.2026

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

eine Strommessung bei kurzgeschlossenem Schweißstromkreis gemessen und ohne weiteres der Anschlusswert errechnet und kontrolliert werden. Die aufgenommenen Scheinleistungen in % der maximal möglichen Scheinleistungsaufnahmen bei verschiedenen Einschaltdauern sind in den Fig. 9 und 10 für Transformatoren und Umformer verschiedener Herkunft und Grösse aufgetragen. Darnach werden bei ca. 60 % Einschaltdauer im Mittel ca. 50 % der maximal möglichen Scheinleistung aufgenommen; der Anschlusswert lässt sich also auf folgende Weise definieren: *Der für die Energiepreise massgebende Anschlusswert in kVA einer Schweißmaschine ist gleich 50 bis 60 % der beim maximal möglichen Schweißstrom aufgenommenen Scheinleistung.*

Durch diese Definition erfolgt auch ohne weiteres eine im Interesse des energieliefernden Werkes liegende, günstigere Behandlung der mit mehr Kondensatorenleistung kompensierten, aber sonst gleichen Schweißtransformatoren. Fig. 11

zeigt, dass nach der vorgeschlagenen Definition ein Transformator mit der Schweißleistung  $S$  bei Kompensation mit einer Kondensatorleistung  $K_1$  einen Anschlusswert gleich  $A_1$ , bei einer Kondensatorleistung  $K_2$  aber einen solchen von  $A_2$  aufweist.

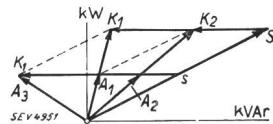


Fig. 11.  
 $S$  maximale Schweißleistung.  
 $s$  Schweißleistung mit ca.  
60 % Einschaltdauer.  
 $K$  Kondensatorleistungen.  
 $A$  Anschlusswerte.

Würde der Anschlusswert bei einer bestimmten Einschaltdauer, z. B. bei der Schweißleistung  $s$  festgelegt, so würde der Schweißtransformator mit dem kleinern Kondensator  $K_2$  ebenfalls nur den Anschlusswert  $A_1$  und der Schweißtransformator mit dem grössern Kondensator  $K_1$  sogar den grössern Anschlusswert  $A_3$  besitzen. Ausserdem ist es ohne weiteres möglich, aus dem derart definierten Anschlusswert auf die notwendige Dimensionierung der Installation zu schliessen.

## Ueber einige neuere Konstruktionen und Entwicklungsarbeiten am Kaltkathodenstrahl-Oszillographen.

Von G. Induni, Zürich.

621.317.755

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Firma Trüb, Täuber & Co. A.G., Zürich.)

Wie unsere Leser wissen, kaufte der SEV im Jahre 1926 einen Dufourschen Kathodenstrahlloszillographen und beauftragte Herrn Dr. K. Berger als Versuchingenieur mit der Weiterentwicklung dieses Apparates und mit Untersuchungen über die Natur der Ueberspannungen in elektrischen Anlagen; Ziel dieser Arbeiten war, die Betriebssicherheit der Hochspannungsanlagen zu erhöhen, im besonderen Mittel ausfindig zu machen, welche sie gegen Ueberspannungen atmosphärischen oder inneren Ursprungs schützen. Der vom Vorstand des SEV eingesetzte Ausschuss zur Leitung dieser Arbeiten wurde im Jahre 1930 auf breiterer Basis in die «Verwaltungskommission für den Kathodenstrahlloszillographen» mit dem «Arbeitskomitee», beide unter dem Vorsitz des verstorbenen Herrn Dr. K. Sulzberger, übergeführt.

Der Versuchingenieur entwickelte den Dufourschen Oszillographen in den Werkstätten des SEV und später auch mit der Firma Trüb, Täuber & Cie. A.-G., Zürich, welche die Ausführung übernommen hat, zu einem industriell brauchbaren Apparat, mit dem im Laufe der Jahre bemerkenswerte Resultate, besonders auf dem Gebiet der Gewitterforschung, der Kurzschluss- und Erdschluss-Erscheinungen und der Prüfung von Ueberspannungsschutzapparaten erzielt wurden. Ueber alle diese Arbeiten, z. T. auch über die Weiterentwicklung des Oszillographen wurde im Bulletin des SEV laufend berichtet. Im folgenden werden nun die ersten, für den Verkauf bestimmten, fabrikmässig hergestellten Ausführungen beschrieben. — Die Redaktion.

### 1. Einleitung.

Das wachsende Interesse, welches die Industrie und die Forschung dem Kaltkathodenstrahl-Oszillographen in neuerer Zeit entgegenbringen, bedingte nicht nur eine Entwicklung dieses Apparates im Sinne grösserer Leistungsfähigkeit, sondern auch in konstruktiver Richtung. Hierüber, besonders über die Entwicklung einiger wichtiger Einzelteile, wurde an dieser Stelle schon berichtet (siehe Fussnote <sup>1)</sup> auf Seite 688). Es scheint heute an-

Comme nos lecteurs le savent déjà, l'ASE fit en 1926 l'acquisition d'un oscillographe cathodique Dufour et chargea M. K. Berger, ingénieur, de développer cet appareil et d'étudier la nature des surtensions dans les installations électriques. Le but de ces travaux était d'augmenter la sécurité d'exploitation des installations à haute tension et, en particulier, de trouver des moyens pour les protéger contre les surtensions d'origine atmosphérique ou interne. Le comité nommé par l'ASE pour diriger ces travaux fut élargi en 1930 et transformé en la «commission d'administration des travaux avec l'oscillographe cathodique (KOK)», avec son «comité d'action», présidés les deux par le regretté M. K. Sulzberger.

L'ingénieur chargé des essais développa l'oscillographe Dufour dans les ateliers de l'ASE, puis plus tard en collaboration avec la maison Trüb, Täuber et Cie S. A., Zurich, qui en a repris l'exécution, pour en faire un appareil industriel pratique qui permit peu à peu d'obtenir des résultats remarquables, en particulier dans le domaine de l'électricité atmosphérique, des phénomènes de court-circuit entre phases ou à la terre, ainsi que des essais d'appareils de protection contre les surtensions. Ces travaux et aussi en partie les perfectionnements de l'appareillage ont été relatés dans le Bulletin de l'ASE. Dans l'article ci-dessous l'auteur décrit les premiers appareils de fabrication industrielle, destinés à la vente. — La rédaction.

gezeigt, die interessierten Kreise einmal über die fertigen Konstruktionen und ganzen Apparate zu orientieren, weil bei diesen die speziell durch die jeweilige Problemstellung gestellten Forderungen berücksichtigt wurden. Die Lösung der gestellten Probleme konstruktiver Natur war nicht nur durch die Anpassung an den Verwendungszweck geboten, sondern auch durch die Forderung einer fabrikationsmässigen, preiswerten Herstellung der Apparate gegeben. Nicht zuletzt war auch die

leichte Bedienung und bequeme Transportfähigkeit für die Konstruktionen massgebend.

Wenn der moderne Kathodenstrahl-Oszillograph diese Forderungen erfüllen soll, so darf er nicht von Fall zu Fall mit der dazu nötigen Apparatur versuchsmässig zusammengestellt werden, sondern er muss als ganzer, fertiger, industrieller Apparat zur Verfügung stehen. Im besonderen verlangt die Transportbedingung zunächst die Verminderung der äusseren Verbindungsleitungen, die nur zum Betrieb des Apparates dienen. Die Schaltelemente müssen fest montiert und leicht zu bedienen sein. Leicht zerbrechliche Teile müssen vermieden oder durch solidere Konstruktionen ersetzt werden. Empfindliche Vakuumschliffe werden nach Möglichkeit durch wenig empfindliche und zuverlässige Gummidichtungen ersetzt. Auch die Schaltung soll möglichst einfach und übersichtlich sein, um Störungsursachen zu vermeiden, oder um Störungen rasch ermitteln zu können. Dadurch wird die Bedienung auch wesentlich vereinfacht. Die einfache Schaltung bietet auch eine weitgehende Anpassungsfähigkeit an den jeweiligen Verwendungszweck, wenn die Grundelemente elektrisch und räumlich übersichtlich und leicht zugänglich sind.

## 2. Ausführungsbeispiele.

1. Es ist natürlich möglich, ein, zwei oder mehrere Oszillographen zu einer Anlage zu vereinigen, wobei gemeinsame Schaltelemente sich nicht wiederholen. Fig. 1 stellt beispielsweise die Ausführung einer Anlage dar, die aus drei Oszillographen besteht. Diese Anlage ist als transportable Anlage gedacht, welche beliebig in einem Laboratorium, auf einem Eisenbahnwagen oder auf einem Motorlastwagen aufgestellt werden kann, was ermöglicht, die Anlage auch an Orte zu bringen, die nur durch Strassen zugänglich sind, z. B. an wichtige Punkte von Hochspannungsleitungen im Gebirge.

Die ganze Apparatur zerfällt in zwei Hauptteile: erstens die Hochspannungsanlage für die Umformung des Netzstromes in hochgespannten Gleichstrom von 60 kV für die Strahlerzeugung, und zweitens die eigentliche Oszillographenanlage.

Die Hochspannungsanlage, auf einem leicht zerlegbaren Eisengerüst montiert, besteht aus dem Hochspannungstransformator, dem Glühventil, dem Glättungskondensator, den Hochspannungswiderständen und den Strahlstrom-Milliampemetern.

<sup>1)</sup> *Bulletin des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins*

1927, Nr. 11: Erster Bericht des Ausschusses für die Arbeiten mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen.

1928, Nr. 9: Ueber die weitere Entwicklung des Kathodenstrahl-Oszillographen von Dufour zur Ermöglichung der Aufnahme von Gewitter-Erscheinungen sowie anderer Vorgänge kürzester Dauer.

1928, Nr. 21: Der Kathodenstrahl-Oszillograph als Registrier-Instrument speziell für raschverlaufende Vorgänge. Von K. Berger.

1929, Nr. 20: Die Abschaltung von Kurzschlüssen am Ende unverzweigter Leitungen und die sich dabei ergebenden Ueberspannungen nach Versuchen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. Von K. Berger und H. Habich.

1934, Nr. 9: Die Gewittermessungen der Jahre 1932 und 1933 in der Schweiz. Von K. Berger, Zürich.

Eine Spezialkonstruktion stellt der Isolierwandler für die Heizung der Glühkathode des Hochspannungsventils dar. Die Ausführung als Luftwandler mit offenem Eisenkern erlaubt nicht nur eine we-

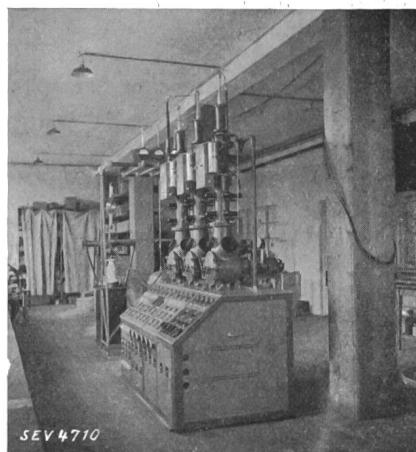


Fig. 1.

Dreipoliger  
Kathodenstrahl-  
Oszillograph in  
transportabler  
Ausführung.

sentliche Verminderung des Eigengewichtes, sondern auch eine Verminderung der Leistung und des Gewichtes des Hochspannungstransformators selbst, weil die kapazitive Ladeleistung des Wandlers nur 10 bis 15 VA beträgt. Die Hochspannungswider-

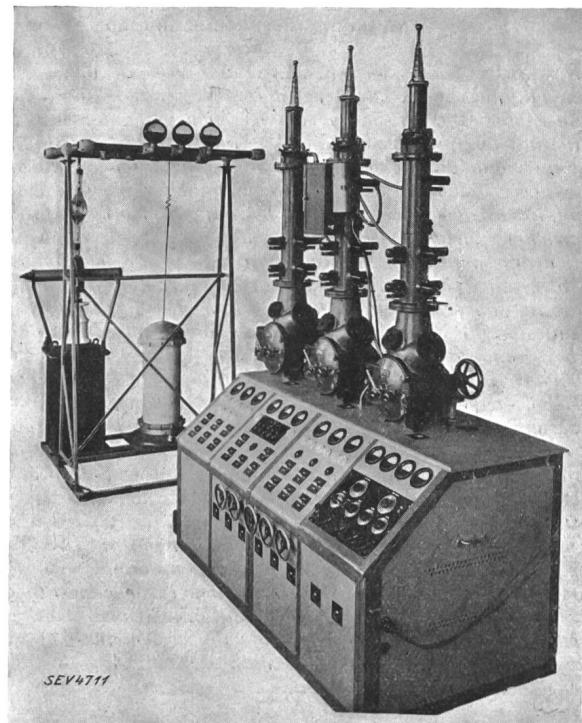


Fig. 2.  
Dreipoliger transportabler Kathodenstrahl-Oszillograph  
mit Hochspannungsanlage.

stände bestehen aus Widerstandsdrähten, welcher in Seide eingewoben und nach einem Spezialverfahren auf Bakelitrohre aufgewickelt ist. Sie sind herausnehmbar und dienen daher gleichzeitig als Trenner, um den zugehörigen Oszillographen spannungslos zu machen. Fig. 2 zeigt ein Bild der Hochspan-

nungsanlage. Die Spannung und die Regulierung der Anlage geschieht vom Schaltzelt der Oszillographen aus, und die Verbindung mit diesem wird lediglich durch zwei unverwechselbare Steckerkabel mit Metallhülle hergestellt. Auf dem Schaltzelt, welches alle Steuer- und Schaltorgane enthält, sind die drei Oszillographen montiert. Jeder Oszillograph ist von den andern beiden unabhängig. Zu diesem Zwecke sind die Auslöse- und Zeit-Kreise in besondere Kästchen auf den Oszillographen selbst montiert. Es ist somit möglich, den gleichen Vorgang mit verschiedenen Zeitmaßstäben aufzunehmen oder drei verschiedene Vorgänge unabhängig voneinander aufzunehmen. Für die Eichung der Zeitablenkung ist im Schaltzelt rechts ein quarzgesteuerter Meßsender eingebaut. Dieser Sender<sup>2)</sup> kann fünf feste Eichfrequenzen erzeugen, näm. 1000 kHz, 500 kHz, 200 kHz, 100 kHz, 50 kHz. Um eine genügend hohe Hochfrequenzspannung zu erreichen, ist der Sender zweistufig aufgebaut. Er besitzt eine Steuerstufe mit Quarzkontrolle und eine Verstärkerstufe. Die Steuerstufe ist nach der Huth-Kühn-Schaltung ausgeführt und erlaubt leicht die Erzeugung einer oberwellenfreien Spannung. Die Verstärkerstufe liefert bis zu 500 Volt Hochfrequenzspannung bei einer Belastung von ca. 50 pF, was ungefähr der Kapazität der Ablenkplatten und der Zuführungskabel eines Oszillographen entspricht. Die Genauigkeit der eingestellten Frequenz ist für die Eichung auch ohne Temperaturkompensation der Quarze völlig ausreichend. Mit diesem Sender wird auch die zeitraubende Einstellung mit einem Wellenmesser erspart.

Im Zelt sind rechts unten drei Gleichrichter für 3000 Volt eingebaut, wovon zwei für die Auslöserelais und einer für den Sender und die Spannungseichung dienen. Alle drei Gleichrichter werden vom mittleren Schaltzelt (rechts) aus eingeschaltet und reguliert. Die Spannung ist durch Widerstände

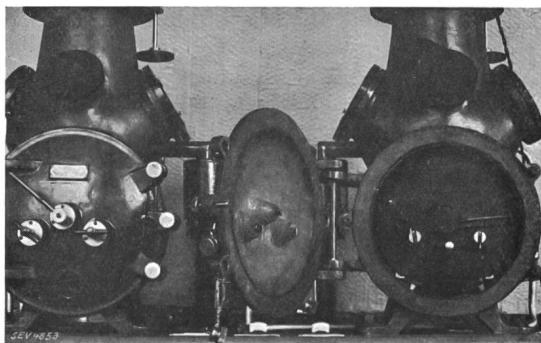


Fig. 3.

Aufnahmekammer geschlossen und offen mit Filmkassette.

mit Handradbetätigung stufenlos von Null bis zum Höchstwert regulierbar.

Vom mittleren Schaltzelt (links) aus werden die drei Stromkreise der Konzentrationsspulen zur Scharfeinstellung des Strahles betätigt. Die mitt-

<sup>2)</sup> Im Laboratorium der Trüb, Täuber & Co. A.G. entworfen und gebaut.

lere Klemmentafel dieses Schaltfeldes dient zur Abnahme von bekannten Gleichspannungen in Stufen von 500 bis 2000 Volt zur Eichung der Empfindlichkeit der Oszillographen.

Das linke Schaltzelt enthält die Schaltorgane für die Hochspannungsanlage und für die Vakuumpumpenanlage. Die Hochspannung kann ebenfalls

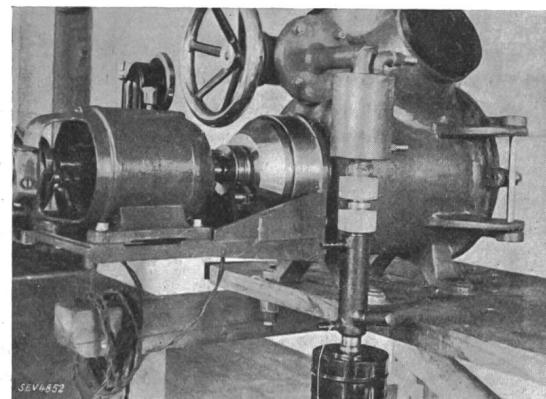


Fig. 4.

Antrieb für rotierende Kassette mit magnetischer Kupplung.

von Null bis zum Höchstwert stufenlos reguliert werden.

Die Vakuumanlage ist zum Teil im Zelt eingebaut. Die Vorvakuumpumpe arbeitet auf einen Vorvakuumbehälter von ca. 10 Liter Inhalt, welcher mit einem Kontrollvakuummeter versehen ist. An diesem sind drei Hochvakuum-Diffusionspumpen, je eine für jeden Oszillographen, angeschlossen. Die Oszillographen können durch eine besondere Vakuumsschaltung einzeln und unabhängig voneinander an das Vorvakuum oder an die Diffusionspumpen angeschlossen werden. Dadurch ist es möglich, die Pumpzeit vom Atmosphärendruck aus wesentlich zu verkürzen. Man braucht ca. 10 bis 15 Minuten, inklusive Anheizzeit der Diffusionspumpe, um das Betriebsvakuum zu erreichen. Die Diffusionspumpen sind direkt durch Umschalthähne an die Oszillographen angeschlossen. Durch die Wahl von getrennten Hochvakuumpumpen sind die drei Oszillographen völlig voneinander unabhängig, auch dann, wenn kleine Dichtigkeitsunterschiede vorhanden sind.

Im Sinne einer weitgehenden Anpassungsfähigkeit besitzt jeder Oszillograph eine im Vakuum befindliche Filmkassette, ähnlich wie bei Schleifenoszillographen. Die rotierende Filmtrommel fasst eine Filmlänge von ca. 60 cm bei einer Filmbreite von 15 cm. Jede Filmtrommel wird einzeln über eine magnetische Kupplung durch einen Motor, der ausserhalb des Vakuums steht, angetrieben. Die Drehzahl der Motoren ist durch Bürstenverschiebung vom Schaltzelt aus regulierbar. Ein Tachometer gestattet die Kontrolle der Drehzahl. Diese Konstruktion erlaubt Filmgeschwindigkeiten bis zu 30 m/s zu erreichen. Es ist somit möglich, die Registriergeschwindigkeit durch die rotierende Kassette einerseits und das elektrische Auslöserelais

anderseits auf ein Gebiet von einigen mm/s bis zu einigen Hundertmillionen mm/s für die Zeitablenkung auszudehnen. Es bietet sich aber ferner die Möglichkeit, die Wirkungsweise der rotierenden Kassette in Verbindung mit dem elektrischen Auslöserelais zu verwenden, indem das Oszillogramm schraubenförmig auf die Trommel geschrieben wird, wodurch sich zehn bis hundert Meter Oszillogrammlänge erzielen lassen.

Die Auslöserelais, welche für die raschen Vorgänge in Frage kommen, sind auf die Oszillographenrohre selbst montiert und gestatten dadurch eine sehr gute Uebersicht über die Schaltungsweise und leichte Bedienung sowie die Benützung kürzester Zuleitungen zu den Ablenkplatten.

Die Zuführungen für die Hochspannung bestehen aus teleskopartig ineinander verschiebbaren Aluminiumrohren, welche mit isolierten Trägern an

die Verteilrohre der Niederspannungsleitungen montiert sind. Es sind somit keine Befestigungseinrichtungen für Zuleitungen nötig.

Die Kühlwasserleitungen für die Hochvakuum-pumpen haben einen zentralen Anschluss für Zu- und Ablauf. Die ganze elektrische Anlage kann aus einem Drehstromnetz durch einen einzigen Steckeranschluss gespeist werden. Die

Gesamtleistung bei Vollast mit allen drei Oszillographen beträgt 2 bis 3 kVA.

Diese Oszillographen-Anlage wurde für das Polytechnikum Neapel gebaut

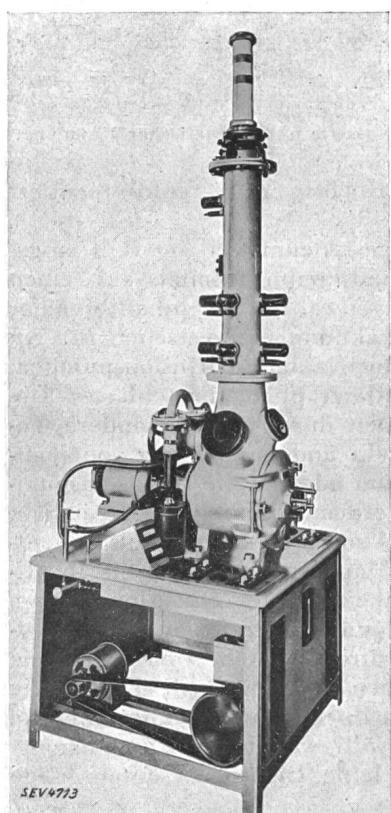


Fig. 5.

Kathodenstrahl-Oszillograph mit rotierender Kassette. Bedienungspult und Entladerohr für 60 bis 120 kV Betriebsspannung.

und dürfte in bezug auf Ausführung, universelle Ausrüstung, Transportfähigkeit und Leistungsfähigkeit heute noch unerreicht sein.

2. Wenn es sich um ortsfeste Laboratoriumsanlagen handelt, dann spielt unter Umständen die Gewichtsfrage und Transportfähigkeit eine untergeordnete Rolle; man möchte aber dafür die Schalt- und Bedienungsanlage zum Oszillographen etwas mehr ausbauen. Eine solche Anlage wurde für ein französisches Hochspannungslaboratorium gebaut.

Obwohl es sich um eine Anlage mit nur einem Oszillographen handelt, sind doch, wie bei der zuerst beschriebenen dreipoligen Anlage, alle Zusatzeinrichtungen vorhanden, mit Ausnahme des Eichsenders.

3. Ein weiterer konstruktiver Schritt ergab sich aus dem Bestreben, die Apparatur zu vereinfachen und zu normalisieren, so dass aus einzelnen, normalen Teilen sich ein-, zwei- oder mehrpolige Anlagen aufbauen lassen nach Art des Baukastenprinzips. Der Leitgedanke war der, die wesentlichen und charakteristischen Teile am Oszillographen als Einheiten für sich zu betrachten und als solche für sich konstruktiv durchzubilden. Zu diesem Zwecke mussten Vereinfachungen an der Schaltung vorgenommen werden, über welche weiter unten berichtet wird. Nach diesem Prinzip wurde zum Beispiel die einpolige Anlage, welche Fig. 5 zeigt, gebaut. Man sieht hier deutlich das Hervortreten der charakteristischen Teile: Apparatetisch mit den Schaltelementen, Messinstrumenten, der Vakuumanlage und dem Auslöserelais, im Tisch eingebaut. Auf dem Tisch befindet sich der eigentliche Oszillograph, der ganz aus Metall besteht, mit einem neu entworfenen Entladerohr mit Porzellanisolation. Am Oszillograph angebaut ist der Motor für die Kassette mit rotierender Filmtröhre. Der Oszillograph besitzt wahlweise auswechselbare Kassetten für rotierenden Film von 9 oder 15 cm Breite oder für perforierten Film von 9 cm Breite für Oszillogramme von  $15 \times 9$  cm. Die Einführung eines perforierten Films gestattet die genaue Vorwärtsschaltung um eine Bildlänge für jede Aufnahme und die Anbringung eines Bildzählers. Die gleiche Kassette erlaubt die Anwendung, etwa für Vorversuche, von normalem 35 mm breitem Kinofilm. Zu diesem Oszillograph ist auch eine Kamera mit einem lichtstarken Objektiv vorhanden, welche erlaubt, Aufnahmen unter Benützung des Fluoreszenzschirmes zu machen. Die Kamera arbeitet auch mit Kinofilm, kann aber auch mit Platten geladen werden. Mit dieser Kamera ist die Möglichkeit gegeben, Einzelaufnahmen zu machen und diese sofort zu entwickeln, ohne Unterbrechung des Vakuums im Apparat.

### 3. Neue Entwicklungsarbeiten.

Wie erwähnt war es, um die Konstruktion zu vereinfachen und zu normalisieren, nötig, die Zahl der Hilfsapparate, speziell der Stromquellen, gegenüber den bisher bekannt gewordenen Ausführungen zu vermindern. Durch Versuche konnte zum Beispiel nachgewiesen werden, dass durch zweckmässige Disposition der Schaltung der Auslöserelais eine Spannungsquelle von 3000 Volt an Stelle von zweien ausreicht. Damit konnten nicht nur eine Spannungsquelle erspart werden, sondern auch alle zugehörigen Schalt-, Regulier- und Kontrollelemente.

An Hand der Fig. 6 lässt sich die Arbeitsweise dieser Schaltung<sup>3)</sup> beschreiben. Durch die einzige

<sup>3)</sup> Schweiz. Patent Nr. 168 868 (1931) mit Zusatz von 1934.

Spannungsquelle  $a_1-a_2$  wird der Zeitkreiskondensator  $C$  über den Widerstand  $r_2$  auf minus 3000 Volt geladen. Die Sperrvorrichtung Sp des Oszillographen wird durch Abgreifen der Spannung am Spannungsteiler S auf die halbe Spannung, also minus 1500 Volt über den Widerstand  $r_1$  geladen und sperrt den für die Aufnahme ständig bereiten Strahl. Die Doppelfunkenstrecke F wird so eingestellt, dass sie knapp vor dem Ansprechen steht<sup>4</sup>). In diesem Zustand sind Oszillograph und Auslöserelais zur Aufnahme irgendeines unwillkürlichen Vorganges bereit. Die Ablenkplatten  $y-y_1$  sind mit dem Stromkreis des aufzunehmenden Vorganges

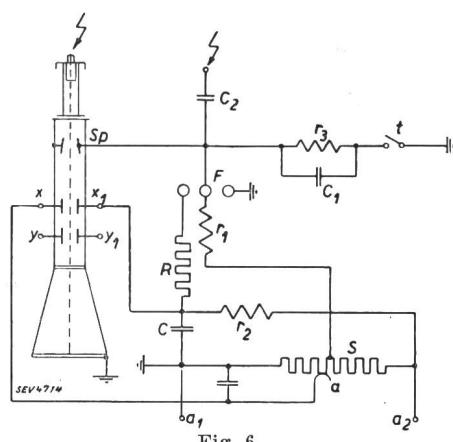


Fig. 6.

## Vereinfachte Schaltung eines Kathodenstrahl-Oszillographen.

<i>Sp</i>	Strahlsperrung.	<i>t</i>	Taster.
<i>F</i>	Funkenstrecke.	<i>S</i>	Spannungsteiler.
<i>R</i>	Entladewiderstand.	<i>a</i>	Spannungsabgriff.
$r_1, r_2$	Ladewiderstand.	$a_1-a_2$	Gleichstromquelle.
<i>C</i>	Zeitkreiskondensator.	$x, x_1$	Zeitablenkplatten.
$C_1, C_2$	Anstosskondensator.	$y, y_1$	Messplatten.

verbunden. Ausserdem wird eine Teilspannung davon durch irgendeine passende Kopplung an die mittlere Kugel der Funkenstrecke zugeführt. Beim Einsetzen des aufzunehmenden Vorganges wird daher gleichzeitig die Funkenstrecke zum Ansprechen gebracht. Dadurch wird die Sperrung  $S_p$  geerdet und der Strahl kann in die Aufnahmekammer gelangen und somit auf die photographische Schicht. Gleichzeitig entlädt sich der Kondensator  $C$  über den Widerstand  $R$  mit einer Entladzeitzkonstante  $R \cdot C$  und bewirkt, dass die Spannung an der Zeitablenkplatte  $x_1$  exponential von minus 3000 Volt auf Null sinkt. Sobald der Kondensator entladen ist, ist die Aufnahme beendet, und es muss Sorge getragen werden, dass der Strahl wieder gesperrt wird. Dies geschieht aber automatisch, weil durch Löschen der Funkenstrecke die Sperrplatten sofort wieder aufgeladen werden. Durch Abgreifen einer Zwischenspannung bei  $a$  kann der anderen Ablenkplatte  $x$  ein Potential zwischen Null und minus 3000 Volt erteilt werden, wodurch die Lage der Zeitlinie in sich selbst parallel verschoben wird, um die ganze Plattenlänge auszunützen. Analog der Auslösung durch die Spannungswelle des Vorganges kann, mit einem Taster  $t$  von Hand, der mittleren Kugel ein kleiner Spannungsstoß erteilt und

<sup>4)</sup> Girod, Arch. Elektrotechn. Bd. 23 (1931);, S. 695.

somit die Auslösung der Zeitschreibung, etwa zu Einstellzwecken, bewirkt werden. Der Taster  $t$  kann auch für die Auslösung nach einem bestimmten Versuchsprogramm durch mechanische Schaltern ersetzt werden. Das Fehlen von beweglichen Teilen am Auslöserelais selbst gestattet die präziseste Steuerung der Aufnahme in allen möglichen Fällen.

Eine wesentliche Neuerung bildet das von der Trüb, Täuber & Co. A.-G. entwickelte Entladerohr mit Potentialringen, das nicht nur eine Verminderung der Bauhöhe um ca. 20 cm, sondern auch eine Erhöhung der Strahlspannung auf das doppelte erlaubt. Das Bedürfnis einer Neukonstruktion des Entladerohres war nicht nur durch die Zerbrechlichkeit des eingeschliffenen Glasrohres bedingt, sondern auch durch den Wunsch, höhere Strahlspannungen, verbunden mit höheren Strahlströmen im Dauerbetrieb, anzuwenden. Der Weg, den man bei der Entwicklung der neuen Konstruktion einhalten musste, war durch folgende Gesichtspunkte eingeengt:

Die Betriebsbedingungen der früheren, in elektrischer Hinsicht vorzüglichen Glaskonstruktion mussten nach Möglichkeit beibehalten werden. Das sind in erster Linie:

1. mässiges Vakuum im Entladeraum (1,00 bis 1,01 hundertstel mm Hg);
  2. hohes Vakuum im Entladeraum, um Ueberschläge zwischen den Messplatten zu verhindern und Diffusion des Strahles zu vermeiden, daher
  3. hohe Drosselung zwischen Entladeraum und Aufnahmeraum;
  4. Betriebssicherheit auch mit sehr kleiner Diffusionspumpe.

Ohne alle diese Punkte gleichzeitig zu beachten, bestehen verschiedene Möglichkeiten einer Lösung. So wurden beispielsweise Vorschläge bekannt, die zwei Diffusionspumpen vorsehen (eine für den Entladeraum und eine für den Aufnahmeraum<sup>5</sup>). Andere Vorschläge sehen eine weite Oeffnung zwischen Entladeraum und Aufnahmeraum vor<sup>6</sup>), unter Zulassung eines kräftigeren Lufteintrittes von aussen (um von Gasausbrüchen aus den Wänden und andern Apparateteilen unabhängig zu sein), was aber eine grössere Pumpe bedingt. Usw.

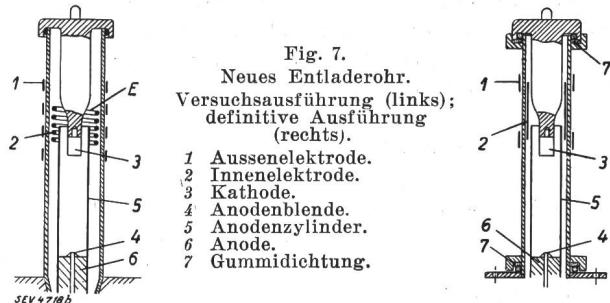
Um allen vier Forderungen gleichzeitig zu entsprechen, wurde als Ausgangspunkt der konstruktiven Entwicklung das elektrisch ausserordentlich günstige und bisher mit Erfolg benützte Metallentladungsrohr mit Glasmantel nach Berger<sup>7)</sup> angenommen. Zur Beurteilung der für die Neukonstruktion zu treffenden Massnahmen mussten zunächst die Vorgänge im Entladerohr selbst beobachtet werden können. Da der Entladeraum aber vollständig von Metall umschlossen ist und die Kathode in die Anode hineintaucht, musste ein Kunstgriff angewendet werden. Es wurde zunächst als Isolierrohr ein Glaszyylinder genommen und als Anoden-

<sup>5)</sup> Arch. Elektrotechn. 1931, S. 267, und 1929, S. 507.

<sup>6)</sup> Arch. Elektrotechn. 1934, S. 52. ETZ 1930, S. 968.

7) Bull. SEV 1928, S. 691, Fig. 3.

rohr ein Drahtgeflecht gleichsam als durchsichtiges Metall verwendet. Die elektrischen Verhältnisse blieben dabei dieselben. Da die Glasrippen, welche beim früheren Glasrohr die Gasstrecke radial unterteilen, nicht mehr vorhanden waren, zeigten sich bald, schon bei 40 kV, Teilentladungen an der in Fig. 7 mit E bezeichneten Stelle. Diese Beobachtung wurde auch schon von anderer Seite gemacht<sup>8)</sup>. Der Gedanke, eine Unterteilung der gefährlichen Strecke in vertikaler Richtung mit Metallringen zu versuchen, deren Abstand kleiner als die mittlere freie Weglänge ist, wurde in der Versuchsröhrausführung nach Fig. 7 angewandt. Diese Anordnung erlaubte sofort, die Spannung auf ca. 60 kV zu steigern, ohne dass Unstabilität oder Teilentladungen auftraten. Bei weiterem Erhöhen der Spannung zeigten sich aber jetzt die Entladungen am oberen Rande des oberen Innenringes. Offenbar war nun die Feldverteilung an der bezeichneten Stelle im Innern so, dass die Bedingung der Unterschreitung der mittleren, freien Weglänge längs einer Feldlinie nicht mehr gewahrt wurde. Es wurden daher aus-



sen am Rohr Metallringe aufgebracht, welche, indem sie ein Zwischenpotential annehmen, die Rolle von Feldsteuerringen übernehmen. Dies hatte zur Folge, dass nun das Rohr bis zu 75 kV bei 5 mA völlig ruhig arbeitete.

Auf Grund der gemachten Beobachtungen wurde ein Rohr von folgender Beschaffenheit entworfen (Fig. 7 rechts). An Stelle von Ringen wurde, innen, ein glattes Rohr aus Metall eingeschoben. Ohne äussere Ringe zeigte sich zunächst, wie zu erwarten war, die flackernde Entladung am oberen Rand des inneren Ringes. Das Anbringen eines oberen Aussenringes erlaubte, die Spannung wieder zu steigern, aber bei ca. 75 kV traten Entladungen im Zwischenraum des inneren Ringes nach unten auf. Das Anbringen eines untern Aussenringes brachte erst die befriedigende Lösung der Aufgabe. Das Glasrohr wurde nun durch ein dickwandiges Porzellanrohr ersetzt, mit Gummidichtungen und Stopfbüchse oben und unten, während die Metallringe keramisch aufmetallisiert wurden. Das so gebaute Rohr zeigte noch wesentlich bessere Eigenschaften als das Versuchsglasrohr. Dieses Rohr arbeitet bei 120 kV mit 5 mA noch völlig ruhig und sprühfrei. Die Wirkung des untern Aussenringes scheint die zu sein, das Potential des oberen Aussenringes zu bestimmen. Ohne untern

<sup>8)</sup> Arch. Elektrotechn. 1931, S. 523/24—854.

Ring ist offenbar das Potential des oberen Ringes zu hoch, so dass dessen Feldkorrektur im Innern des Rohres bei höhern Spannungen nicht mehr wirksam ist. Der untere Ring ist also eine Art Einstellring für das richtige Einstellen des Potentials des, in erster Linie wichtigen, oberen Ringes. Aus Zeitmangel wurden die näheren Verhältnisse, nachdem das gesteckte Ziel erreicht war, nicht weiter verfolgt. Die restlose Abklärung dieser

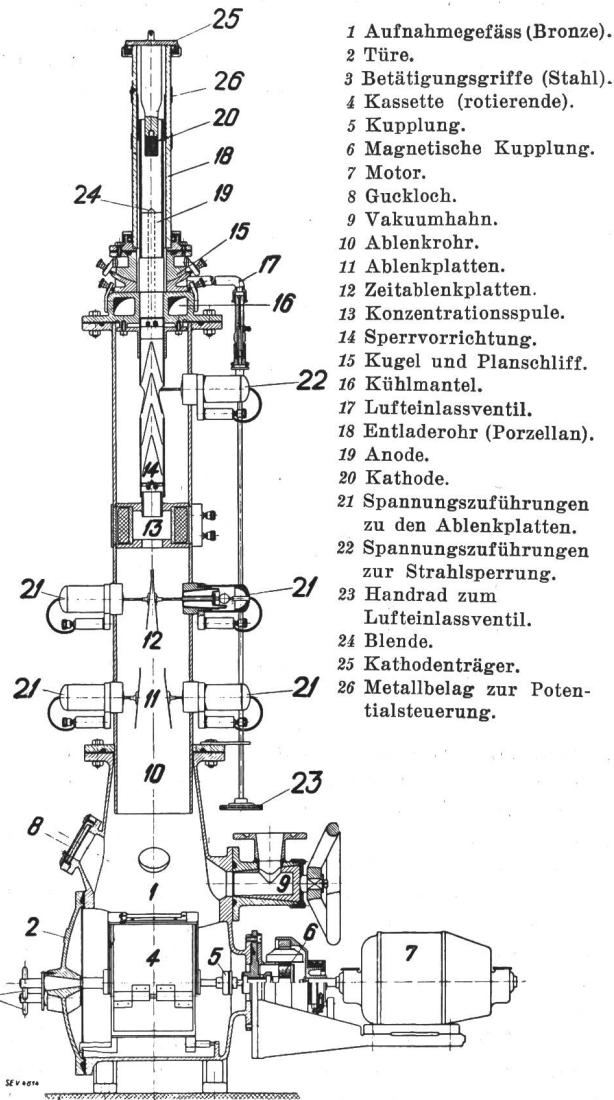


Fig. 6. Schnitt durch einen konstruktiv durchgebildeten Kathodenstrahlloszillographen.

Erscheinungen dürfte aber sicher von grossem Interesse sein. Bei der neuen Konstruktion des Entladerohres besitzt die Kathode eine grosse Wärmeleitfähigkeit und eine grosse Abkühlungsfläche nach aussen, ein weiterer Vorteil dieser Konstruktion, der sich besonders im Dauerbetrieb auswirkt. Die Anwendung von trockenen Gummidichtungen ist betriebstechnisch auch von Vorteil. Zuletzt sei noch erwähnt, dass das Rohr sehr leicht demontierbar ist, sei es für Reinigungszwecke oder zur Auswechselung der kurzen, eingeschraubten Kathode.

#### 4. Zusammenfassung.

Durch die beschriebenen Apparate wird der Technik und der Forschung heute ein unbedingt betriebssicheres und leicht transportables Instru-

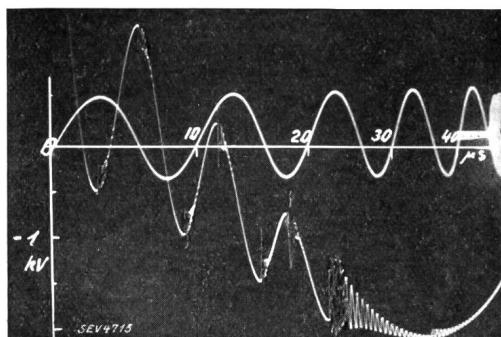


Fig. 9.

Teslaschwingung mit Ueberschlägen und Eichschwingung vom Messender.

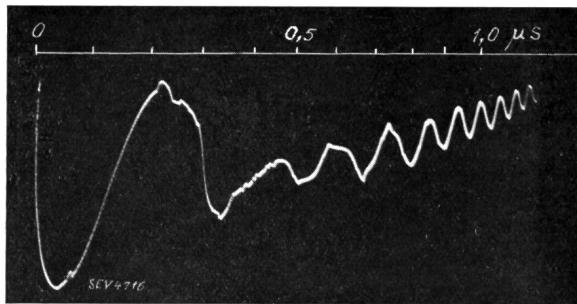


Fig. 10.

Verlauf einer Spannungswelle für biologische Versuche.

ment geboten. Die Dienste, welche der Kaltkathodenstrahl-Oszillograph in der Forschung der Vorgänge bei Blitzentladungen und deren Folgen leistet, sind schon sehr gut bekannt. Als neuere An-

wendungen dürfen u. a. die erfolgreichen Experimente auf elektrobiologischem Gebiet, ferner die Untersuchungen über die Natur der Gleitfunken und über die wiederkehrende Spannung beim Abschalten von Kurzschlüssen und auch die Stückprobe bei der Herstellung von Ueberspannungsableitern erwähnt werden.

Welches seine nächsten Anwendungsgebiete und seine nächsten Entwicklungsstufen im Rahmen dieser Beschreibung sein werden, lässt sich heute nicht ohne weiteres voraussagen. Vielleicht ist ihm als technisch durchgebildetes Elektronenmikroskop hoher Leistung oder als Elektronenspektrograph für Materialuntersuchungen eine ruhmreiche Zukunft beschieden, vielleicht auch als Grossvorfüh-

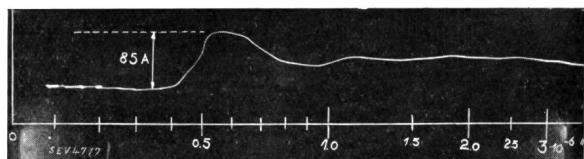


Fig. 11.

Gleitfunkenaufnahme mit dem neuen Entladerohr und vereinfachter Relaisschaltung.

rungsempfänger für das kommende Fernsehen. Sicher wird bis dahin noch ein weiter Weg sein. Es wird wieder viel Zeit und Erfahrung dazu nötig sein, bis die kommenden Wünsche der Forschung und der Industrie durch eine fertige Konstruktion erfüllt sein werden.

Jedenfalls stellt der Kaltkathodenstrahl-Oszillograph als solcher, in der Entwicklung Dufour-Berger-Trüb, Täuber & Co. A.-G., eine fertige Konstruktion dar, welche schon heute in mehr als zehnfacher Ausführung der Technik und der Forschung gute Dienste leistet.

### Ueber eine Anwendung der Nomographie auf die Berechnung der Beanspruchung der Freileitungsmaste bei Drahtbrüchen (Formel von Colard).

Von Alexander Fischer, Prag.

518.3 : 621.315.056

Es wird — nach dem allgemeinen Verfahren des Verfassers — ein Rechenbild (Nomogramm) mit Rechtwinkelkreuz als Ablesegerät hergeleitet, das von einfacherem Entwurf und auch, besonders nach Ausgestaltung zum Instrument, einfach zu gebrauchen ist.

L'auteur établit, en appliquant sa méthode générale, un nomogramme très simple à construire, dont la lecture s'effectue à l'aide de deux filaments en croix, que l'on peut très bien transformer en un instrument d'emploi facile.

#### 1. Aufgabenstellung.

Im zweiten Bande des bekannten Taschenbuches für Elektrotechniker «Starkstromtechnik» von E. v. Rziha und J. Seidener [4]<sup>1)</sup> findet sich bei der Berechnung des Gestänges bei Drahtbrüchen folgende Formel von Colard, die von A. Pillone (3) wiedergegeben wurde:

$$T_n = T \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\varepsilon a}{2 n \kappa} - \sqrt{\frac{\varepsilon a}{n \kappa} + \left( \frac{\varepsilon a}{2 n \kappa} \right)^2} \right)^n \right] \quad (1)$$

<sup>1)</sup> Die Zahlen in [eckigen] Klammern beziehen sich auf den Schriftenachweis am Schluß der Arbeit.

Hierin bedeuten:

- $T$  die Gesamtkraft aller Leitungen bei unbeschädigter Leitung;
- $T_n$  den Gesamtzug aller Leitungen im  $n$ -ten Feld, vom beschädigten Feld an gerechnet;
- $a$  die Spannweite in m;
- $\varepsilon$  die Durchbiegung des Mastes in m für 1 kg Zugkraft;
- $\kappa = \frac{1}{E}$ , worin
- $E$  die Elastizitätszahl bedeutet. Nach [4], S. 524, ist