

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 19 (1928)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Der Kathodenstrahl-Oscillograph als Registrierinstrument, speziell für raschverlaufende Vorgänge  
**Autor:** Berger, K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060574>

### **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:** 13.01.2026

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

schaftlich sein. Der anfallende Koks und das Gas werden in elektrische Energie umgesetzt. In diesem Falle wird man an einigen geeigneten Orten Dampfkraftwerke erstellen, die ihre Abwärme an die Industrie und zu Heizzwecken (Städteheizung) abgeben. Die erzeugte Energie wird ins allgemeine Netz abgegeben. Auch grössere Dampfkraftanlagen industrieller Unternehmen kommen in Frage. Es kann auch eine Zusammenarbeit von kalorischen Kraftwerken mit Gaswerken in Frage kommen. In Zeiten, wo Energieüberfluss herrscht, also namentlich im Frühjahr und Sommer, werden die Dampfkraftanlagen nötigenfalls stillgelegt, in den Wintermonaten und bei Wasserklemme dienen sie als Aushilfe und zur Deckung von Belastungsspitzen. Auf diese Weise wird die Kohle rationell ausgenützt, der Koksverbrauch wird eingeschränkt und wir erzielen eine wirtschaftliche Zusammenarbeit zwischen Wasserkraft und Kohle.

## Der Kathodenstrahl-Oscillograph als Registrierinstrument, speziell für raschverlaufende Vorgänge.

Von K. Berger, Ingenieur des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins, Zürich.

621.374.7

*Einleitend weist der Autor auf die Schwierigkeiten hin, welche sich dem Oscillographieren von elektrischen Vorgängen, deren zeitlicher Beginn als unbekannt vorausgesetzt werden muss, entgegenstellen, und beschreibt dann ein Entlade-rohr und eine Filmkassette, die, zusammen mit der früher beschriebenen elektrischen Strahlsper-rung, den bisherigen Kathodenstrahl-Oscillogra-phen zu einem Messinstrument machen, das beru-fen scheint, bisher unabgeklärte Ueberspannungs-erscheinungen in elektrischen Anlagen abzuklären. Anschliessend werden einige mit dieser Apparatur aufgenommene Oscillogramme veröffentlicht.*

*L'auteur attire tout d'abord l'attention sur les difficultés qui s'opposent à la prise d'oscillo-grammes de phénomènes électriques dont le déclenchement a lieu à un moment imprévisible, puis il décrit un tube de décharge et une cassette à pellicule dont l'ensemble, associé au dispositif décrit antérieurement pour dévier électriquement le rayon cathodique, constitue un instrument de mesure qui paraît appelé à éclaircir certains phénomènes de surtension inexpliqués jusqu'ici dans les installations électriques. L'auteur pré-sente pour finir quelques oscillogrammes relevés avec cet appareillage.*

### 1. Einleitung.

Eines der wichtigsten Störungsprobleme für die Elektrizitätswerke sind heute wohl die atmosphärischen Spannungen, die hauptsächlich bei Gewittern auf den Leitungen und in den Anlagen auftreten. In Anbetracht der praktischen Wichtigkeit der Aufklärung dieser Erscheinungen hat der S.E.V. vor zwei Jahren die Aus-bildung eines Kathodenstrahl-Oscillographen und die Messung von Gewitterspan-nungen an die Hand genommen. Im folgenden soll kurz auf die im Auftrag und in den Werkstätten des S.E.V. durchgeführte Entwicklung des Apparates einge-gangen werden, dessen Brauchbarkeit durch die Versuche im verflossenen Sommer bereits erwiesen ist.

### 2. Anforderungen an einen Registrier-Oscillograph.

Die früheren Schwierigkeiten bei der Herstellung brauchbarer Kathodenstrahl-Oscillographen bestanden zum grossen Teil in der Erzeugung eines kleinen, ge-nügend intensiven Schreibflecks, ferner in der Ermöglichung des Anlegens hoher Spannungen direkt an die Ablenkplatten des Oscillographen und nicht zuletzt in der einfachen und raschen Erzeugung des erforderlichen Vakuums. Diese Hinder-nisse können durch die interessanten Arbeiten von Dufour<sup>1)</sup>, Rogowski<sup>2)</sup>, Gábor<sup>3)</sup>, Busch<sup>4)</sup> und anderen, sowie durch die Fortschritte der Vakuumtechnik als beseitigt gelten.

<sup>1)</sup> A. Dufour: Oscillographe Cathodique pour l'étude des basses, moyennes et hautes fréquences. Ed. Chiron, Paris, 1923.

<sup>2)</sup> W. Rogowski, Flegler & Tamm: Archiv für Elektrotechnik 1927, Band 18, S. 513.

<sup>3)</sup> D. Gábor: Forschungshefte der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, September 1927, Heft 1.

<sup>4)</sup> H. Busch: Archiv für Elektrotechnik 1927, Band 18, S. 583.

Besondere Schwierigkeiten ergeben sich, wenn es sich darum handelt, nicht-willkürliche Vorgänge aufzunehmen, d. h. solche, deren zeitlicher Beginn und Ablauf nicht in der menschlichen Willkür liegt. Dahin gehören vor allem die Gewitter. Beim näheren Betrachten kommen aber auch Versuche über raschverlaufende Erscheinungen in elektrischen Anlagen und Uebertragungs-Netzen bezüglich Aufnahmetechnik den nichtwillkürlichen Vorgängen gleich. Denn einesteils ist die Geschwindigkeit von Oelschaltern, Hilfskontakten usw. zu klein und die Unsicherheit in der Schalterbewegung zu gross, um mit ihrer Hilfe mit Bestimmtheit kleine Zeitintervalle auf die photographische Platte bannen zu können. Andererseits ist bei Versuchen zwischen mehreren Anlagen oder an langen Leitungen die Betätigung einer Station von einer andern aus meistens nicht oder nur sehr umständlich durchführbar, so dass schon für langsame Vorgänge, die noch mit dem Schleifen-Oscillographen erfasst werden können, dieser Mangel störend zu Tage tritt. Für raschverlaufende Vorgänge wächst sich diese Schwierigkeit zur Unmöglichkeit aus.

Man ist daher bei allen Versuchen ausserhalb des Laboratoriums darauf angewiesen, den Zeitpunkt des Beginnes des aufzunehmenden Vorganges als unbekannt anzunehmen und das Messinstrument, nämlich den Kathodenstrahl-Oscillographen, registrierend zu bauen, d. h. in diesem Falle so, dass er zu Beginn des zu oscillographierenden Vorganges von diesem selbst durch Auftreffenlassen des zeichnenden Kathodenstrahles auf die photographische Schicht in Tätigkeit gesetzt wird. Eine solche Einrückung des Strahles ist nötig, weil die fortwährende Belichtung der Platte durch den Strahl, wenn auch nur längs einer Nullinie, doch die ganze Platte infolge der Ueberstrahlung schwärzen würde. Diese Technik setzt ein möglichst trägheitsloses Relais voraus. Ein solches hat Gábor auf sinnreiche Art angegeben und konstruiert. Das Relais hat sich, nachdem es vom Verfasser noch mit einer Strahlsperrröhre („Vorablenkröhre“) versehen wurde, für die Aufnahme von Gewitter-Vorgängen gut bewährt. Die erforderliche Auslösezeit beträgt je nach der Höhe der Strahlspannung  $(0,8 \text{ bis } 1,1) \times 10^{-6} \text{ sec.}$  Der Kathodenstrahl-Oscillograph verspricht in dieser Ausführung das eigentliche Präzisions-Instrument zur Aufzeichnung beliebig rascher Vorgänge in elektrischen Anlagen zu werden.

Die genannte Aufnahmetechnik stellt nun aber auch an den Oscillographen selber erhöhte Anforderungen, die sich besonders in drei Richtungen äussern:

a) Der Kathodenstrahl muss stundenlang ununterbrochen in genügender Intensität bestehen können ohne schädliche Erwärmungen und Zerstörungen hervorzurufen. In dieser Beziehung muss der Kathodenstrahl das Licht der Bogenlampe des Schleifenoscillographen weit übertreffen. Diese Bedingung erfordert ein geeignetes Entladerohr.

Die andere denkbare Methode, die darin bestehen würde, den Kathodenstrahl durch den aufzunehmenden Vorgang entstehen zu lassen, wirkt nicht rasch genug, wie bereits früher dargelegt wurde.<sup>5)</sup>

b) Während der Wartezeit bis zum Eintreffen eines aufzunehmenden Vorganges darf die photographische Schicht nicht vorgeschwärzt werden, d. h. die Sperrung muss während dieser Zeit den Kathodenstrahl möglichst vollständig von der photographischen Schicht fernhalten; überdies muss die Sperrung in kürzester Zeit aufgehoben werden können, was die Konstruktion einer möglichst vollständigen und raschwirkenden Strahlsperrung bedingt.

c) Für Gewitteraufnahmen muss eine genügende Menge photographisches Material im Vakuum bereit liegen, welches ohne Unterbrechung des Vakuums exponiert werden kann. Dazu ist eine passende Filmkassette erforderlich.

Nachdem sich der Oscillograph im vergangenen Sommer bei vielen Aufnahmen ausgezeichnet bewährt hat, sollen im folgenden die Einrichtungen beschrieben werden, die es ermöglichen, den drei obigen Anforderungen praktisch zu genügen.

<sup>5)</sup> K. Berger: Ueber die Weiterentwicklung des Dufourschen Kathodenstrahl-Oscillographen zur Aufnahme von Vorgängen kürzester Dauer, speziell von Gewittern. Bulletin S. E. V. 1928, No. 9.

## 2. Das Entladerohr.

Das den Kathodenstrahl erzeugende Entladerohr des Dufourschen Oscillographen ist in Fig. 1 dargestellt. Es besteht aus einem Glasrohr  $g$ , das oben verengt ist und dort den in einem inneren Glasröhrchen eingeschmolzenen Schaft der Aluminium-Kathode  $k$  umschliesst. Die Kathodenplatte hat wenige mm Abstand vom Glasrohr. Für die Zwecke dieses Oscillographen hat sich diese Anordnung bewährt; für langdauerndes Bestehen des Kathodenstrahls hingegen ist sie nicht geeignet wegen unzulässiger Erwärmung und schliesslicher Zerstörung des Glases

unterhalb der Kathode und an der untern Verengung. Abgesehen von dieser Erwärmung zeigten sich bei minutenlangem Bestehen des Strahles ähnlicher Röhren merkwürdige Unstabilitäts-Erscheinungen. Diese haben mit den sogenannten Zündungen der ruhigen Glimm-Entladung, d. h. mit dem Umschlagen in eine Art Lichtbogen, nichts zu tun, sondern es handelt sich dabei eher um Erscheinungen von Glasaufładungen, welche bei engen Röhren den Eindruck erwecken, als ob das Vakuum periodisch schwanken würde mit Periodendauern weniger bis vieler Sekunden. Bei Röhren mit grösserem Durchmesser hingegen ist die Erzeugung eines stabilen Kathodenstromes von 1 mA und darüber nicht möglich, sondern der Strom steigt immer langsam an bis zum Kurzschluss des Rohres, vermutlich als Folge einer Gasentwicklung an der Aluminium-Kathode und an der Glaswand.

Prinzipiell ähnlich scheinen die Entladerohre der Oscillographen von Gábor<sup>6)</sup> und Rogowski<sup>7)</sup> zu sein, wie aus Abbildungen hervorgeht. Rogowski erwähnt die Anbringung eines besonderen Schliffes zur einfachen Auswechslung der Kathode und zur Ermöglichung der notwendigen Glasreinigung.

Eine neue Lösung hat Busch<sup>8)</sup> angegeben. Nach seinen Mitteilungen wurden über 30 verschiedene Entladerohr-Formen ausprobiert, deren günstigste durch Fig. 2 wiedergegeben wird. Das Wesentliche der Anordnung ist die Abdeckung der innern Glaswand durch ein Metallrohr  $a$  mit Anoden-Potential. Busch zeigt, dass die leitende oder nichtleitende Beschaffenheit der innern Glaswand nebensächlichen Einfluss auf die Intensität des Kathodenstrahles hat. Die Zusammendrängung des Strahles in die Rohraxe kann demnach nicht wesentlich auf die negative Aufladung der innern Glaswand durch Elektronen zurückzuführen sein.

Der grosse Vorteil der Anordnung nach Busch besteht einmal in der Verminderung der Glaserwärmung, ferner in der elektrischen Abschirmung des Rohrrinnern gegen äussere elektrische Felder; drittens ist die Entladung bedeutend stabiler geworden; jene merkwürdigen Unstabilitäts-Erscheinungen sind zum grössten Teil verschwunden.

Diese Konstruktion hat den Nachteil, dass sie sich nur bei Strahl-Spannungen unterhalb ca. 20 kV verwenden lässt. Der Grund liegt darin, dass die Grösse des Abstandes zwischen Kathode  $k$  bzw.  $R_1$  und Anodenrand  $a$  bzw.  $R_2$  an einen Kompromiss gebunden ist: Im Innern des Entladerohres sollte dieser möglichst

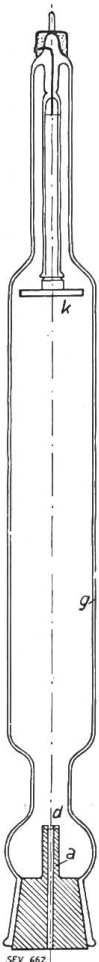


Fig. 1.  
Entladerohr  
des Dufourschen  
Oscillographen.

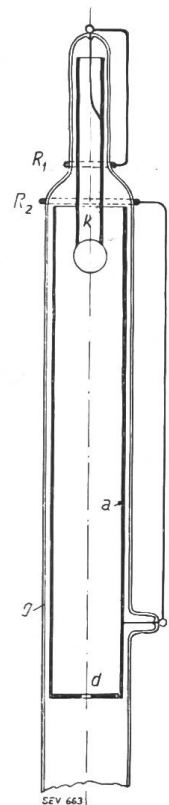


Fig. 2.  
Entladerohr nach  
Busch (aus A.f.E.,  
Bd. 18, S. 592).

<sup>6)</sup> D. Gábor, l. c. S. 12.

<sup>7)</sup> W. Rogowski, Flegler & Tamm, l. c. S. 523.

<sup>8)</sup> H. Busch, Archiv für Elektrotechnik 1927, Bd. 18, S. 583.



klein sein, weil auf grosse Distanzen leicht unerwünschte Gasentladungen entstehen, die zu Erwärmung und Zerstörung des Glases führen. In der äusseren Atmosphäre hingegen ist es gerade umgekehrt: Damit dort kein Ueberschlag (zwischen  $R_1$  und  $R_2$ ) auftritt, muss die Ueberschlags-Distanz gross genug sein.

In einer Reihe von Versuchen, bei denen 16 Entladerohr-Formen ausprobiert wurden, gelang es mir, ein Rohr zu finden, das diesen Mangel nicht aufweist und allen Anforderungen bezüglich stundenlangem ununterbrochenem Bestehen des Kathodenstrahles bei Spannungen bis 60 kV genügt. Es würde voraussichtlich keine Schwierigkeit bieten, diese Grenze bei Bedarf noch zu erhöhen.

Das neue Entladerohr ist in Fig. 3 dargestellt. Der Kompromiss der Anordnung von Busch ist darin so gelöst, dass in das äussere Glasrohr  $g$  eine Reihe von Zwischen-glasröhren  $w$  eingeschmolzen sind, in einem Abstand, der kleiner, oder doch nicht grösser ist, als die mittlere freie Weglänge der Moleküle des Gasrestes im Vakuum. Damit lässt sich jede unerwünschte Gasentladung (Stossionisation) vermeiden, während der äussere Ueberschlagsweg nach Belieben vergrössert werden kann. Bei den vorhandenen Drucken im Entladerohr von ca.  $\frac{1}{100}$  mm Hg heisst dies, dass die Distanz der Glaswände nur wenige mm betragen darf. Wie man sich überzeugt, ist das Glas jeder hohen Längsbeanspruchung entzogen. Der äussere geerdete Metallzylinder schützt das äussere Glasrohr gegen hohe Querspannung. Die nicht weniger wichtige Wärmeabfuhr aus dem Entladerohr wird später beschrieben.

Die *Kathode* wird im innersten Glasrohr an einer eingeschmolzenen Metallhülse eingehängt. Sie ist leicht auswechselbar und besteht aus einem besonders geeigneten Eisen mit aufgesetzter Metallhülse  $h_2$ . Das bisher meistens benutzte Aluminium hat sich für den Registrier-Oscillograph nicht gut bewährt wegen zu starker Gasbildung bei langandauerndem, ununterbrochenem Betrieb, wodurch das Vakuum sich langsam verschlechtert. Das benutzte Spezial-eisen zeigt diese Eigenschaft in viel kleinerem Mass. Erst dadurch liess sich bei der zur Verfügung gestandenen bescheidenen Saugleistung der Hochvakuumpumpe von 1 bis 2 l/sec die erforderliche Stabilität des Strahles, wie sie für Gewitteraufnahmen nötig ist, erreichen. Die Kühlung der Kathode geschieht ausschliesslich durch Strahlung an das umgebende Anoden-Kupferrohr  $r$ , was eine hohe Kathodentemperatur zur Folge hat. Da das Aluminium hohe Temperaturen nicht erträgt, ist es als Kathodenmaterial nicht geeignet, trotzdem es den Vorteil kleinerer Zerstäubbarkeit durch den Kathodenstrahl besitzt. Man könnte zwar eine Aluminium-Kathode direkt oder indirekt im Glase einschmelzen und durch Herausleiten der Wärme die Kathode kühlen; doch wird sich die geschilderte Gasentwicklung kaum vermeiden lassen.

Die geerdete *Anode*  $a-r$  umfasst die Kathode auf drei Seiten; sie besteht im wesentlichen aus einem dickwandigen Kupferrohr  $r$  mit verschiebbarem Aufsatzstück  $h_1$ . Das Rohr ist genügend dick, um die Wärme nach unten zu leiten und im Dauerbetrieb gefährliche Röntgenstrahlen zurückzuhalten. Es wird auf die früher beschriebene Kugelgelenkanode aufgesteckt, in der auch das erste Diaphragma zur Herausschneidung des zeichnenden Kathodenstrahles sitzt.

Infolge der starken Kühlwirkung dieses Anodenrohrs kann das beschriebene Entladerohr während mehreren Stunden ohne Unterbruch störungsfrei im Betriebe sein. Die Kathoden- und Anodenwärme wird abgeführt, indem man hie und da

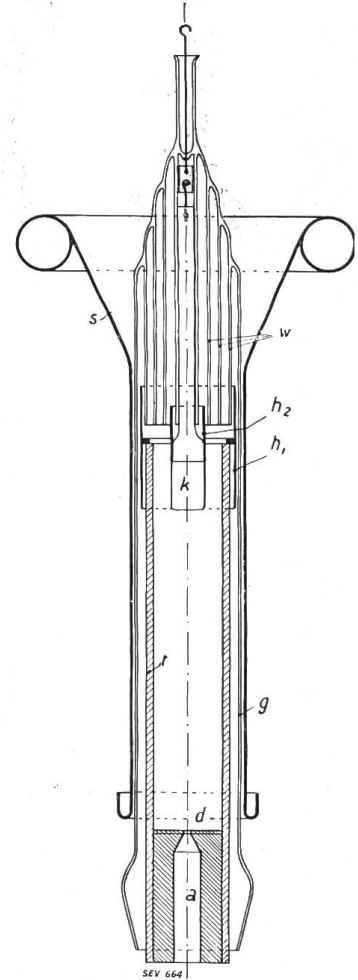


Fig. 3.

Neue Form des Entladerohrs für den Registrier-Oscillographen.

einige Liter Wasser durch die Anode strömen lässt, entsprechend der Verlustleistung von ca. 10 bis über 100 Watt, je nach der verlangten Strahlhelligkeit. Das Rohr vereinigt die Vorteile stabilen Brennens, elektrischer Abschirmung äusserer Felder und vollständiger Sicherheit gegen Schädigungen durch Röntgenstrahlen, mit grosser Betriebssicherheit; das Glas ist nach stundenlangem Betrieb kaum lauwarm.

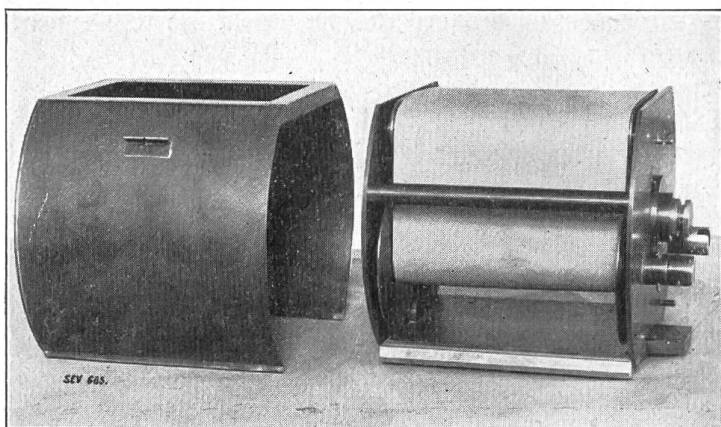


Fig. 4.

Ansicht der Filmkassette für ca. 300 Aufnahmen in demselben Vakuum.

Rogowski (zusätzliche Zeitachsenbewegung zur Vermeidung des Anfangsflecks) nichts zu tun, sondern soll eine Ablenkung *vor* dem Eintritt zum Mess-Ablenkraum andeuten. Sie wurde bereits in einem früheren Aufsatz beschrieben<sup>9)</sup>; es erübrigt sich, hier nochmals ausführlich darauf einzugehen. Die Ausführung ist das Resultat zeitraubender Versuche, welche ergaben, dass zur Erreichung möglichst vollständiger Weghaltung aller Teile des Kathodenstrahls von der photographischen Schicht und vom Messablenkraum eine peinliche Verhinderung der Reflexion des Strahles in der Nähe der Diaphragmen und besonders an den Ablenk-Elektroden nötig ist. Dabei genügt es nicht, auf den Hauptstrahl allein Rücksicht zu nehmen, sondern es müssen auch die langsamern Elektronen des Strahls beachtet werden, ja sogar die sich in den Gasresten bildenden positiven Ionen. Als weniger wichtig für die entstehende Vorbelichtung haben sich die durch die Diaphragmen dringenden Röntgenstrahlen erwiesen.

Auf diese Weise ist es möglich, mit dem eingeschalteten Oscillograph und gesperrtem Strahl viele Minuten lang auf den aufzunehmenden Vorgang zu warten. Die Vollständigkeit der Sperrung ist so gross, dass z. B. ein Vorgang, der sich in weniger als einer zehntausendstel sec abgespielt hat, auf dem Oscillogramm noch deutlich wahrgenommen werden kann, wenn der Oscillograph während einer halben Stunde vorher aufnahmebereit war. Alle am Schluss beigegebenen Oscillogramme sind mit dieser Strahl-Sperrung aufgenommen.

#### 4. Die Filmkassette.

Die ursprüngliche Filmkassette von Dufour ist vorgesehen für einen rotierenden Film von ca. 50 cm Länge und 15 cm Breite, die Plattenkassette für 6 Platten

#### 3. Die Strahlsperrung.

Wegen der Forderung möglichst rascher Freigabe des Kathodenstrahles kommt nur eine rein elektrische Strahlsperrung ohne jede mechanische Bewegung in Betracht. Die entwickelte Einrichtung stellt sich dar als räumliche „Vorablenkung“ des Strahles in vier Stufen mit zwischenliegenden Diaphragmen. Die Bezeichnung „Vorablenkung“ hat dabei mit der Vorablenkung nach

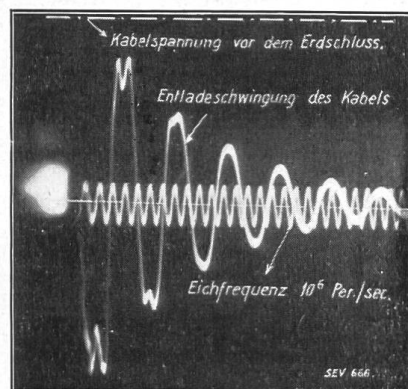


Fig. 5.

Entladeschwingung eines aus 2 Stücken zusammengesetzten Kabels von ca. 63 + 85 m Länge. Das Oscillogramm zeigt den Spannungsverlauf am Kabelende gegen Erde bei plötzlichem Erdschluss am Kabelanfang. Die Eichfrequenz von einer Million Per/sec gibt den Zeitmasstab. — Der Anfangsfleck zu Beginn der Zeitachse ist entstanden während einer Wartefrist des aufnahmebereiten Oscillographen von ca. 10 min.

<sup>9)</sup> K. Berger l. c.

12×13 cm. Nach Belichtung dieser Menge durch den Kathodenstrahl muss das Vakuumgefäß geöffnet, mit photographischem Material neu beschickt und wieder evakuiert werden, was mindestens 20 Min. erfordert. Für die Aufnahme von Gewittervorgängen eignet sich diese Anordnung schon deshalb nicht, weil wohl in dieser Aufnahmepause ein schöner Teil des Gewitters vorüber wäre. Für Gewitteraufnahmen sollte im Vakuum Material für etwa 100 Oscillogramme bereit liegen, ohne dass zur Exponierung ein Unterbruch des betriebsmässigen Vakuums nötig ist.

Die abgeänderte Filmkassette ist in Fig. 4 geöffnet abgebildet. Sie ist ähnlich gebaut wie jene eines Rollfilm-Photoapparates. Auf den Filmtrommeln kann ein Filmband von 15 cm Breite und 30 m Länge aufgewickelt werden. Die Bildgrösse ist 15×10 cm, so dass auf dem Band 300 Oscillogramme Platz finden. Das Vorwärtsschieben des Bandes geschieht von Hand durch zwei der bereits vorhandenen Schiffe des Dufourschen Vakuum-Gefässes, und zwar jedesmal dann, wenn vom Kipprelais eine stattgehabte Auslösung angezeigt wird.

Als Film hat sich ein Positiv-Film von Zeiss-Ikon am besten bewährt. Seine Wasserabgabe ist kleiner als bei andern Fabrikaten. Da es auf hohe Lichtempfindlichkeit nicht ankommt, ist einerseits die Behandlung des Films nicht heikel, andererseits sein Preis mässig. Zur Erreichung des nötigen Hochvakuums ist mindestens eine Stunde nötig, welche Zeit durch Vortrocknen des Filmes in einem Vakuumbehälter abgekürzt werden kann. Doch spielt diese Zeit jetzt keine Rolle mehr, da die Trocknung ohne Aufsicht als einmalige Vorbereitung beliebig lang vor den Versuchen durchgeführt werden kann. Die grosse Menge von Oscillogrammen, die mit Hilfe der beschriebenen Filmkassette ohne Unterbrechung des Vakuums aufgenommen werden können, entzieht der Frage, ob der Film ins Vakuumgefäß eingeführt werden soll oder nicht (Innen- oder Aussenaufnahme), ihre frühere Bedeutung.

Nach einem Vorschlag von Matthias<sup>10)</sup> könnte man zum Zweck der Gewitter-Registrierung dem Film eine langsame, stetige Vorwärtsbewegung erteilen. Diese Lösung hat den Vorteil, dass ausser der Ueberwachung gar keine Bedienung mehr nötig ist. Doch verliert man dabei ziemlich viel Film, da sich die einzelnen Blitzauslösungen in ungleichen Zeitabständen folgen. Zur Beobachtung von

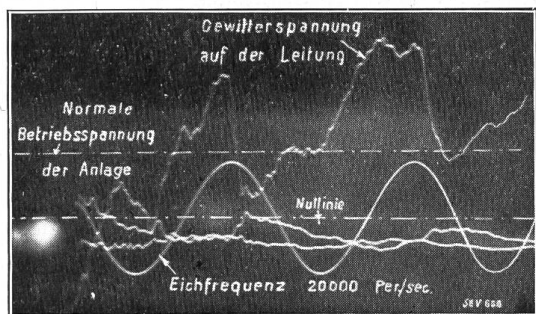


Fig. 7.

Gewitterspannung auf einer sich ausser Betrieb befindlichen, über 100 000  $\Omega$  geerdeten Freileitung. Das Bild zeigt 3 Spannungskurven, die beim selben Blitzschlag am Leitungsende aufgezeichnet wurden. Die Eichfrequenz von 20 000 Per/sec gibt den Zeitmasstab. — Der Anfangsfleck zu Beginn der Zeitachse ist entstanden während einer Wartezeit des aufnahmebereiten Oscillographen von ca. 15 min.

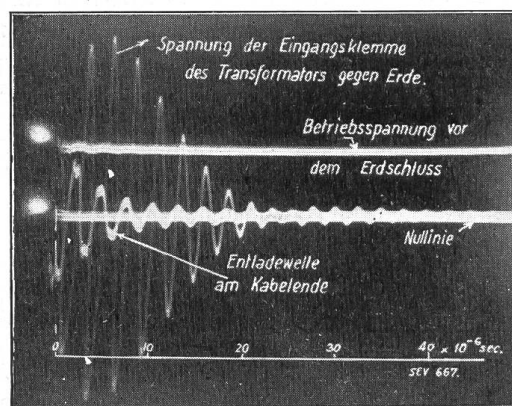


Fig. 6.

Eingangsschwingung eines Transformators 100 kVA, 20 000/500 V, mit vorgeschalteter, nicht überbrückter Drosselspule von 1,65 m H. Das Oscillogramm zeigt die Spannungen gegen Erde vor und nach der Drosselspule, d. h. am Ende des Kabels und an der Transformatorenklemme, wenn in ca. 150 m Distanz vom Transformator am speisenden Kabel plötzlich Erdschluss auftritt. (Spannung am Kabelende siehe auch Fig. 5.) — Der Anfangsfleck zu Beginn der Zeitachse ist entstanden während einer Wartezeit des aufnahmebereiten Oscillographen von ca. 10 min.

raschen Vorgängen von Auge kann auf analoge Art wie beim Dufour'schen Apparat mittels eines der drei Vakuum-Schiffe ein phosphoreszierender Schirm aus Barium-Platinzianür (Röntgenschirm) oder aus Zinksulfid über den Film gedreht werden.

<sup>10)</sup> Matthias: Forschungshefte der Studiengesellschaft für Höchstspannungs-Anlagen. Sept. 1927, Heft 1, S. 46.



Die drei beschriebenen Einrichtungen: Entladerohr, Strahlsperrung und Filmkassette dürften geeignet sein, aus dem bisherigen Kathodenstrahl-Oscillographen ein Messinstrument zu machen, das vielerlei Störungserscheinungen in elektrischen Anlagen wird aufklären können.

Nur durch Versuche in praktischen Anlagen sind raschverlaufende Vorgänge, speziell Störungen, einwandfrei und vollständig zu erfassen; gerade hier dürfte dem Kathodenstrahl-Oscillographen das praktisch wichtigste Anwendungsgebiet erschlossen werden. Aus dem Laboratoriumsapparat dürfte damit ein Instrument für Praxis und Prüffeld geworden sein. Die Fig. 5, 6 und 7 zeigen Beispiele aus der grossen Zahl von mit dem beschriebenen Oscillographen aufgenommenen Oscillogrammen, deren systematische Verarbeitung in einem späteren Aufsatz erscheinen wird.

## Ueberwachungseinrichtungen moderner Kraft- und Unterwerke.

Von H. Puppikofer, Dipl. Ing., Oerlikon.

621.317.5

*Der Autor beschreibt die heute zur Verwendung gelangenden Einrichtungen zur Ueberwachung des Schaltzustandes elektrischer Anlagen, sowie die Einrichtungen zur Ueberwachung bestimmter Betriebsgrössen. Er macht auf die Vorteile der Anwendung des Ruhestromprinzips aufmerksam und erläutert einige neuere darauf fussende Schaltungen und Kontrollapparate.*

*L'auteur décrit les dispositifs utilisés aujourd'hui pour contrôler l'état d'enclenchement des installations électriques, ainsi que ceux destinés à surveiller certaines grandeurs caractéristiques. Il attire l'attention sur les avantages de l'application du courant auxiliaire de repos et explique quelques schémas et appareils reposant sur ce principe.*

Für den geregelten Betrieb des elektrischen Teiles eines Kraftwerkes oder eines wichtigen Unterwerkes sind ausser den eigentlichen Schaltapparaten und den Apparaten für den Selektivschutz der Anlageteile noch eine Reihe von Ueberwachungseinrichtungen notwendig. Man kann diese Einrichtungen in zwei Hauptklassen einteilen:

- A. Die Einrichtungen zur Kontrolle des jeweiligen Betriebszustandes der Anlage;
- B. Die Einrichtungen zur Ueberwachung gewisser Betriebsgrössen.

### A. Einrichtungen zur Kontrolle des Betriebszustandes.

#### a) Das Rückmeldeschema.

Schon bei Anlagen mittlerer Grösse ist es nicht mehr angängig, dass der Betriebsleiter oder der verantwortliche Schichtenführer bei den Fragen, die den momentanen Schaltzustand seines ihm unterstellten Werkes betreffen, allein auf sein Gedächtnis abstellt. Auch schriftliche Aufzeichnungen können, da sie den Veränderungen der Schaltzustände nicht automatisch nachfolgen, vor verhängnisvollen Fehlschaltungen nicht schützen. Man hat daher schon vor über einem Jahrzehnt angefangen, die Stellung der Schaltapparate (Oelschalter und Trenner) nach dem Kommando-Raume, d. h. demjenigen Raume zu melden, wo sich der Betriebsführer aufhält. Diese Meldung erfolgte durch ein optisches Signal, und zwar wählte man vorerst Lampen, wie man sie für ähnliche Zwecke verwendet. In eine Tafel, auf welcher das Schaltungs-schema der Anlage dargestellt war, wurden diese Signallampen derart eingebaut, dass sie irgendwie mit den Symbolen in Beziehung gebracht wurden, die die Oelschalter und Trenner zu bedeuten hatten. Wegen der beschränkten Lebensdauer der Lampen kam man sehr bald dazu, sie durch elektromagnetische Apparate, „Stellungsmelder“, zu ersetzen. Diese bestehen aus zwei Elektromagneten, die je nach der Stellung des gemeldeten Apparates abwechselungsweise unter Spannung gesetzt werden und dann einen drehbaren Weicheisenanker anziehen. Die Ankerwelle geht durch die Tafel hindurch und trägt einen Zeiger. Der gesamte Drehwinkel dieser Welle beträgt  $90^\circ$ . In der eingeschalteten Stellung ergänzt der Zeiger den Linienzug des