

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 8

Artikel: Ueber einen neuen Oszillographen und einige seiner Anwendungsmöglichkeiten
Autor: Berger, K.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43301>

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: 17.02.2026

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

INHALT: Ueber einen neuen Oszillographen und einige seiner Anwendungsmöglichkeiten. — Ideen-Wettbewerb für Bebauungspläne der Gemeinden Reinach, Menzniken und Burg. — Zur ersten geschweissen Eisenbahn-Fachwerk-Brücke, Chicopee-Falls, Mass. — Architektur im Karneval. — Mitteilungen: Nochmals zur Architektur-Professur an der E. T. H. Carboley, ein neues Werkzeugmetall. Umbau

des Hauptbahnhofs Zürich. Turboschlepper für die Rhone. Die Gesellschaft selbständige praktizierender Architekten Berns. Völkerbund-Gebäude in Genf. Tunnelverbindung unter dem Aermelkanal. — Mitteilungen der Vereine: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Vortrags-Kalender. S. T. S.

Band 93. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 8

Ueber einen neuen Oszillographen und einige seiner Anwendungsmöglichkeiten.

Von K. BERGER, Elektro-Ing., Zollikon bei Zürich.

In der Elektrotechnik stellt der elektromagnetische Oszillograph schon seit vielen Jahren ein wohlbekanntes und unentbehrliches Messinstrument zur Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs elektrischer Spannungen und Ströme dar. Ohne ihn wäre die Entwicklung der heutigen Wechselstromtechnik schlechterdings undenkbar. Der heute meist benützte Vertreter dieser Instrumente ist wohl der *elektromagnetische Schleifen-Oszillograph*.¹⁾ Der in seinem zeitlichen Verlauf zu messende elektrische Strom wird durch eine kleine Drahtschleife geschickt, die sich in einem starken Magnetfeld konstanter Stärke befindet und von einer Feder in eine Ruhelage gezogen wird. Die Anordnung stellt im Prinzip ein möglichst leichtes Galvanometer dar. Infolge der elektrodynamischen Kräfte zwischen Magnetfeld und stromdurchflossener Spule (Schleife) erfährt die Schleife eine kleine Drehung. Deren Sichtbarmachung geschieht ähnlich wie bei einem Spiegelgalvanometer mit Hilfe eines aufgekitteten kleinen Spiegelchens, auf das ein von einer Bogenlampe ausgehender feiner, aber sehr intensiver Lichtstrahl auftrifft. Dieser wird vom Spiegelchen reflektiert und auf die Beobachtungstrommel geworfen, wo ein feiner Lichtpunkt erscheint. Stromänderungen in der Schleife geben proportionale Drehungen des Spiegelchens und Schwenkungen des reflektierten Lichtstrahls. Dadurch ist es möglich, auf einem passend bewegten photographischen Film oder auf einem rotierenden Spiegel passender Form eine Kurve zu zeichnen, die den zeitlichen Verlauf des Stromes in gewöhnlichen rechtwinkligen Koordinaten für Strom und Zeit angibt.

Die Grenze der Leistungsfähigkeit des elektromagnetischen Oszillographen ist dadurch bedingt, dass er zur Sichtbarmachung der Stromänderungen die Bewegungsträger Massen erfordert. Abgesehen von der beschränkten Helligkeit der benutzten Lichtquelle ist man trotz möglichst feiner, massenermer Konstruktion nicht im Stande, mit solchen Oszillographen sehr rasche Stromänderungen aufzuzeichnen. Die Grenze, bis zu der ein sinusförmiger Wechselstrom noch der Grösse nach einigermassen richtig aufgezeichnet werden kann, liegt bei den geeignetsten Oszillographenschleifen bei etwa 5000 Schwingungen in der Sekunde.

Nun gibt es bekanntlich in der Elektrotechnik eine Menge Vorgänge, die sich mit ganz ausserordentlicher Geschwindigkeit abspielen. Die Ursache liegt einsteils darin, dass Änderungen des elektrischen Zustandes sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit längs der Leitungen fortpflanzen, zweitens darin, dass die bei den in Betracht kommenden Vorgängen meistens auftretenden elektrischen Funken ausserordentlich rasch vorschreitende Erscheinungen sind. Zu diesen raschen, mit dem elektromagnetischen Oszillograph nicht oder nur teilweise erfassbaren Vorgängen gehören im Betrieb der Elektrizitätswerke vor allem jene, die sich beim Ein- oder Ausschalten von Transformatoren, Maschinen, Leitungen usw. abspielen. Neben der Beanspruchung von Maschinen- und Transformatorenwicklungen interessieren heute auch die genauen Vorgänge im Schalter selber, um ihn auf Grund dieser Kenntnisse, entsprechend den heutigen, zum Teil gewaltigen Anforderungen bauen zu können. — Andere, oszillographisch nicht vollständig abgeklärte Erscheinungen, die im Werkbetrieb oft störend empfunden werden, sind die Erd- und Kurzschlüsse und

die durch sie wirkten Ueberspannungs-Erscheinungen, und nicht zuletzt die Störungen durch Gewitter.

Die praktische Bedeutung dieser Störungen wächst, je mehr Werke mit der gestörten Anlage durch Energieaustausch verbunden sind. Der für eine günstige Energiewirtschaft insbesondere zwischen Werken verschiedenen Charakters nötige Zusammenschluss hat daher einen störungstechnischen Nachteil, indem jede Störung auf grössere Gebiete spürbar werden kann, und indem unter Umständen auch die Störung durch die grössere Energie der speisenden Werke eine schwerere Form annimmt.

Zur Erforschung der erwähnten raschverlaufenden Vorgänge gab es bis vor wenigen Jahren nur ein einziges zuverlässiges Hilfsmittel: Die elektrische Funkenstrecke. Diese ermöglichte die genaue Messung kurzzeitiger Spannungsspitzenwerte. Zur Feststellung des zeitlichen Verlaufs rasch veränderlicher, nicht beliebig oft hintereinander reproduzierbarer Spannungen oder Ströme fehlte ein Messinstrument. Nach dem raschen Aufschwung der Radio-Technik, die ja auch mit sehr rasch veränderlichen Strömen arbeitet, entstand auch von dieser Seite das Bedürfnis nach einem passendem Oszillographen.

Besonders zu letztgenannten Zwecken hat dann der französische Physiker P. Dufour einen Apparat entwickelt und erstmals auf den Markt gebracht, den *Kathodenstrahl-Oszillographen*, der auf ganz anderm Prinzip beruht, als der beschriebene elektromagnetische Oszillograph.²⁾

Dufour benutzte als Grundlage seines Kathodenstrahl-Oszillographen die dem Physiker längst bekannte Braunsche Röhre³⁾, bei der an Stelle des Lichtstrahls ein Kathodenstrahl benutzt wird, der sich durch elektrische und magnetische Felder direkt ablenken lässt. Er brachte einmal die zur Aufnahme des untersuchten Vorganges benutzte photographische Platte ins Innere des evakuierten Oszillographengefäßes. Ferner verwendete er eine sehr originelle Art sinusförmiger Nulllinie für seine Oszillogramme, womit es ihm gelang, das kurze aufzunehmende Zeitintervall auf die Photoplatte zu bannen. Schliesslich setzte er bei vielen Aufnahmen die mechanische Bewegung der photographischen Schicht durch eine gleichwertige zusätzliche Bewegung des zeichnenden Kathodenstrahles („Balayage“). Mit den genannten Mitteln und einer sorgfältigen Konstruktion gelang es Dufour, einmalige Vorgänge aufzuzeichnen, die sich in kleineren Bruchteilen als $1/1000$ einer Sekunde abspielen. Der Apparat erweckte naturgemäß grosses Interesse, da mit ihm erstmals eine Erfassung rascher Vorgänge in elektrischen Anlagen möglich schien.

Aus den genannten Gründen und insbesondere zum Studium der praktisch wichtigsten und messtechnisch schwer erfassbaren Gewitterstörungen entschloss sich der Schweiz. Elektrotechnische Verein auf Antrag seiner Kommission für Ueberspannungsschutz zur Anschaffung eines Dufourschen Kathodenstrahl-Oszillographen. Der Kauf wurde im Sommer 1926 mit Hilfe zweier schweizerischer Stiftungen ermöglicht. Da aber der Apparat zur Untersuchung von Gewittervorgängen und wichtiger anderer Erscheinungen in elektrischen Anlagen nicht geeignet war, musste er umgebaut und vervollständigt werden. Das Ziel dieses Umbaues war, ein Messinstrument zu schaffen, das nicht nur zur Aufzeichnung von Laboratoriumsvorgängen, sondern unmittelbar zur Registrierung rasch verlaufender

¹⁾ P. Dufour, *L'Oscillographe Cathodique*, Edition Chiron, Paris, 1923.

²⁾ Braun, „Wied. Annalen“ 1897. Ueber die sehr zahlreichen Änderungen, die die Braunsche Röhre bis 1924 erfahren hat, gibt folgende Abhandlung gute Auskunft: Mac Gregor-Morris und Mines, „Journal of the Inst. of El. Eng. London“ 1925, Vol. 63.

³⁾ Ausführung von Siemens & Halske.

Erscheinungen in elektrischen Anlagen, seien sie irgend welcher Art und Dauer, geeignet ist. Das Ergebnis meiner im Auftrag des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins durchgeführten Entwicklungarbeit ist der im folgenden beschriebene registrierende Kathodenstrahl-Oszillograph, dessen neue Teile grösstenteils in den Werkstätten des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins hergestellt wurden.

Abbildung 1 gibt eine Ansicht des Oszillographen, Abbildung 2 eine schematische Darstellung zur Erklärung seines Baues. An Stelle des Lichtstrahls des elektromagnetischen Oszillographen tritt beim Kathodenstrahl-Oszillograph, wie schon der Name sagt, ein Kathodenstrahl oder besser ein Bündel von Kathodenstrahlen. Als solchen bezeichnet man die Bahn eines rasch bewegten Elektrons, d. h. eines negativ geladenen Elementarteilchens der Elektrizität. Der Erzeugung des Kathodenstrahlbündels dient das Entladerohr e des Oszillographen, das im Innern eine Kathode k und eine Anode a enthält. Zwischen Kathode und Anode wird eine konstante Gleichspannung von 30 bis 80 kV angelegt. Höhere Spannung erzeugt rascher bewegte Elektronen; dadurch ergibt sich die Möglichkeit, infolge der verstärkten Einwirkung auf die photographische Schicht auch raschste Vorgänge festzuhalten. Mit Hilfe zweier Pumpen wird das ganze Oszillographen-Gefäß samt Entladerohr evakuiert bis auf einen Druck von $1/100$ bis $1/1000$ mm Quecksilbersäule. Bei diesem Druck bewegen sich die meisten im Entladerohr erzeugten Elektronen ohne Einwirkung äusserer Kräfte geradlinig fort, ungehindert von den noch vorhandenen Luftresten.

Infolge ihrer winzigen Masse (ein Elektron ist rund 2000 mal leichter als ein Wasserstoffatom⁴⁾) erreichen die Elektronen im Entladerohr enorme Geschwindigkeiten von meistens über 100 000 km/sec, das heisst meistens über $1/3$ der Lichtgeschwindigkeit. Ein Teil der erzeugten, von der Kathode aus fliegenden Elektronengeschosse passiert eine kleine Bohrung in der Anode und gelangt durch die Strahlsperrung s und das Ablenkrohr r hindurch schliesslich zur photographischen Schicht f. Der Aufprall der Elektronen auf diese hat interessanterweise innert kürzester Zeit deren kräftige Schwärzung zur Folge, wie wenn sie an jener Stelle belichtet worden wäre. Bringt man andererseits an Stelle der photographischen Schicht einen Beobachtungsschirm aus passenden Chemikalien, z. B. Baryum-Platin-Zyanür oder Zinksulfid, so leuchtet dieser an der vom unsichtbaren Strahl getroffenen Stelle hell auf. Dadurch ist die direkte Beobachtung des Strahles möglich, falls der Schirm von Auge durch ein Beobachtungsfenster des Apparates betrachtet wird.

Wir haben bisher vom Kathodenstrahl als dem auf die photographische Schicht einwirkenden Teil des Oszillographen, also gewissermassen dem Ersatz des Lichtstrahls des elektromagnetischen Oszillographen gesprochen. Wir kommen nun dazu, zu zeigen, in welcher Weise der beschriebene Kathodenstrahl zur Messung elektrischer Spannungen und Ströme benutzt werden kann. Da er nämlich aus freien, rasch bewegten, negativen Elektrizitäts-Teilchen besteht, lässt er sich durch elektrische oder magnetische Felder ablenken. Dies ist der Vorteil, den der Lichtstrahl nicht besitzt und der es ermöglicht, den Kathodenstrahl selber als Strom- oder Spannungsmessinstrument zu benutzen. Zur Messung einer Spannung ist nur nötig, diese an zwei kleine Kondensatorplatten p_1 des Oszillographen zu führen, zwischen denen der Strahl hindurchfährt. Die Kraftlinien des kleinen Kondensators laufen senkrecht zum Strahl, wodurch dieser in analoger Weise von der geraden Linie abgelenkt wird, wie ein in horizontaler Richtung abgefeuertes, der Schwere unterworfenes Geschoss. Die positive Kondensatorplatte zieht den Strahl an, die negative stösst ihn ab. Die Ablenkung des Strahles und damit seines Auftreffpunktes auf die photographische Schicht oder auf den Beobachtungsschirm ist innert bestimmten Grenzen proportional der Grösse der ablenkenden Spannung. Liegt nun eine zeitlich veränderliche

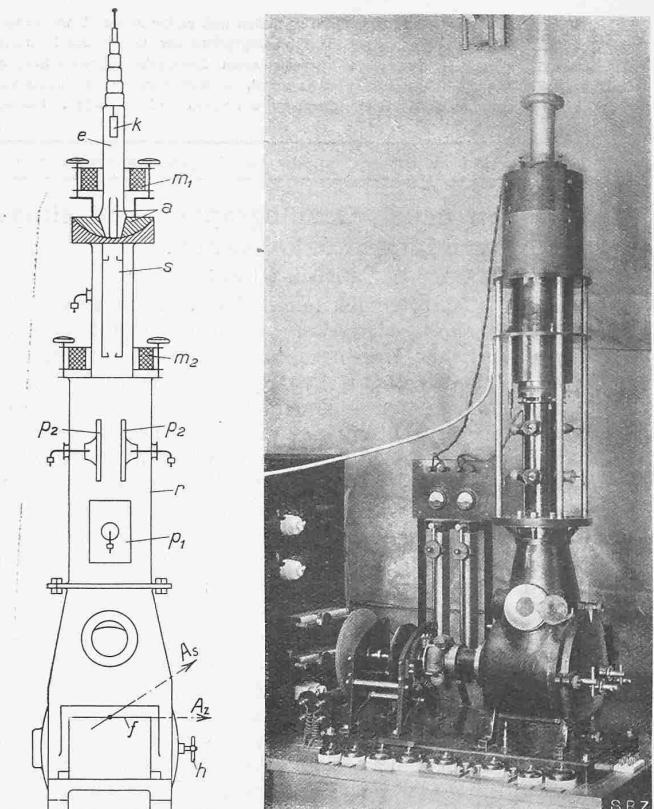


Abb. 1 und 2. Ansicht und Schema des registrierenden Oszillographen.
As = Spannungsaxe, Az = Zeitaxe des Oszillogramms.

Spannung an den Ablenkplatten p_1 , so bewegt sich der Kathodenstrahl genau im Mass der Spannungsänderungen zwischen den Ablenkplatten p_1 hin und her. Mit ihm verschiebt sich sein Aufpunkt auf dem Beobachtungsschirm längs der Spannungsaxe des Oszillogrammes. Infolge der riesigen Geschwindigkeit der Elektronen im Kathodenstrahl folgt dieser dem ablenkenden Feld sehr rasch, nämlich innert etwa einer Milliardstel Sekunde. Bis zu dieser Grenze ist der Oszillograph theoretisch fähig, den Spannungsverlauf an den Ablenkplatten durch genau entsprechende Strahlablenkung wiederzugeben.

In ganz ähnlicher Weise lässt sich der Strahl, da er aus *bewegten* Elektronen besteht, die folglich einen elektrischen Strom darstellen, auch von magnetischen Feldern ablenken. Um einen Strom zu messen, braucht man diesen nur durch eine passende Anzahl Drahtwindungen zu beiden Seiten des Strahles zu schicken, um damit ein Magnetfeld zu erzeugen, dessen Axe auf jener des Kathodenstrahles senkrecht steht. Die elektrodynamische Kraft des zu messenden Stromes (Magnetfeldes) auf die Elektronen des Kathodenstrahles bewirkt eine Ablenkung des Strahles von der geraden Linie und somit eine Verschiebung des Auftreffpunktes auf dem Beobachtungsschirm. Die Grösse dieser Verschiebung ist wiederum innert bestimmten Grenzen proportional der Grösse des zu messenden Stromes.

Um den *zeitlichen Verlauf* einer Spannung oder eines Stromes sichtbar zu machen, fehlt nur noch die Fortbewegung der photographischen Schicht in einer zur beschriebenen Ablenkung („Messablenkung“) senkrechten Richtung. Die zur Aufzeichnung sehr rascher Vorgänge erforderliche sehr hohe Vorschubgeschwindigkeit lässt sich aber mechanisch nicht erreichen; an deren Stelle tritt wie beim Dufourschen Apparate eine gleichwertige Bewegung des Auftreffpunktes des Kathodenstrahles, d. h. eine zusätzliche Ablenkung des Strahles. Da es für die Aufzeichnung nur auf die relative Bewegung zwischen Schreibfleck und photographischer Schicht ankommt, ist die Wirkung die selbe, ob jene bewegt wird, oder ob der Strahl die entgegengesetzt

⁴⁾ Dies ist seinerseits nur gleich 1,649 Quadrilliontel Gramm.

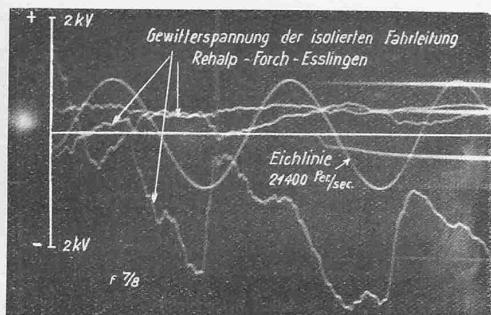


Abb. 3. Gewitterspannung auf einer ausser Betrieb befindlichen, über 10000Ω geerdeten Freileitung. Das Bild zeigt 3 Spannungskurven, die beim selben Blitzschlag am Leitungsende aufgezeichnet wurden. Die Eichfrequenz von 20000 Per/s gibt den Zeitmaßstab. — Der Anfangsleck zu Beginn der Zeitaxe ist entstanden während einer Wartezeit des aufnahmefreien Oszillographen von etwa 15 min.

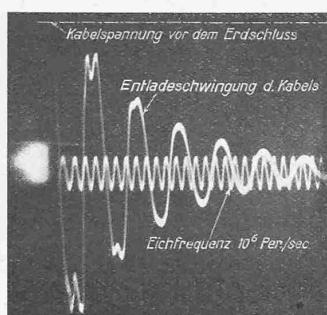


Abb. 4. Entladeschwingung eines aus zwei Stücken zusammengesetzten Kabels von etwa $63 + 85$ m Länge. Das Oszillogramm zeigt den Spannungsverlauf am Kabelende gegen Erde bei plötzlichem Erdschluss am Kabelanfang. Die Eichfrequenz von einer Million Per/s gibt den Zeitmaßstab.

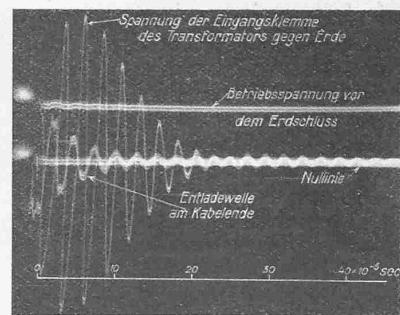


Abb. 5. Eingangsschwingung eines Transfornators 100 kVA, 20000/500 V, mit vorgeschalteter, nicht überbrückter Drosselpule von $1,65 \text{ mH}$. Das Oszillogramm zeigt die Spannungen gegen Erde vor und nach der Drosselpule, wenn in rund 150 m Entfernung vom Transfornator am speisenden Kabel plötzlich Erdschluss auftritt.

gerichtete Bewegung ausführt („Zeitachsenbewegung des Strahles“). Die photographische Schicht (oder der Beobachtungsschirm) bleibt demgemäß bei der Aufnahme ruhig liegen; nur der Auftreffpunkt des Kathodenstrahles bewegt sich über sie hinweg. Die zur Ausführung der Zeitachsenbewegung nötige Strahlablenkung längs der Zeitaxe des Oszillogrammes wird beim Dufourschen Apparat durch ein magnetisches, beim entwickelten Apparat durch ein elektrisches Feld bewirkt, und zwar mit Hilfe eines zweiten kleinen Plattenkondensators p_2 , dessen Axe zu jener des erstgenannten p_1 für die Messablenkung (Spannungs- oder Stromaxe des Oszillogrammes) senkrecht steht. Die erforderliche Hilfsspannung des Plattenpaares p_2 („Zeitachsenspannung“) wird geliefert vom Einschaltrelais des Oszillographen, das im folgenden noch beschrieben wird.

Ausbau als Registrier-Instrument. Es sollen noch kurz die Abänderungen und Ergänzungen erwähnt werden, die zur Erreichung des gesteckten Ziels notwendig waren. Im Gegensatz zum Dufourschen Apparat verläuft der Kathodenstrahl beim beschriebenen Oszillographen von der Kathode bis zur photographischen Schicht innert Metallhüllen. Diese waren nötig zur Abschirmung äusserer elektrischer Felder, die bei Versuchen in Hochspannungsanlagen stets vorhanden sind. Die Erfassung von Gewittervorgängen erforderte sodann die stete Bereitschaft der Messeinrichtung während der im Vergleich zum untersuchten kurzen Zeitintervall recht langen Wartefrist bis zum Eintreffen einer Störung. Eine Lösung erwies sich als besonders brauchbar: man lässt den Kathodenstrahl ständig bestehen, lenkt ihn aber während der Wartefrist möglichst vollständig von der photographischen Schicht weg, um deren Vorschärzung zu vermeiden. Dieser letzten Aufgabe dient eine elektrische Strahlsperrung s zwischen Anode a und Ablenkrohr r . Das langdauernde Bestehenlassen des Kathodenstrahles erforderte ein besonderes Entladerohr e , das der thermischen und elektrischen Beanspruchung gewachsen ist. Die im Entladerohr entstehende Wärme wird von einem dickwandigen Kupferrohr zur Anode geleitet, von wo sie durch Wasserkühlung von Zeit zu Zeit abgeführt werden kann. Die Einstellung des Kathodenstrahles, derart, dass dessen maximale Intensität durch die Bohrungen in der Anode und Strahlsperrung durchtrifft, geschieht mit Hilfe einer kugeligen Lagerung des Entladerohrs auf der Anode, die die Einstellung bei betriebsmässigem Vakuum erlaubt. Um endlich möglichst viele Oszillogramme ohne Unterbruch des Vakuums aufnehmen zu können, wird als photographische Schicht ein langes Filmband verwendet, das von Hand von aussen verschiebbar ist mittels der im Aufnahmegeräss ersichtlichen Schlitte h . Erst nach Aufzeichnung von maximal 300 Oszillogrammen muss das Vakuum geöffnet und ein neues Filmband eingesetzt werden.

Zu erwähnen wären noch zwei Spulen m_1 und m_2 , die am Entladerohr und am oberen Teil des Ablenkrohres er-

sichtlich sind. Ihr Zweck besteht in der Konzentrierung des Kathodenstrahles, wodurch sich eine bessere Ausnützung der im Entladerohr verbrauchten Energie und der Strahlhelligkeit erreichen lässt. Vor zwei Jahren wurde von Busch in Jena bewiesen, dass eine stromdurchflossene Spule, deren Axe mit der Strahlaxe zusammenfällt, genau so auf die Bahn eines Elektrons einwirkt, wie eine optische Sammellinse auf einen Lichtstrahl, wenn von einer unweisenlichen Verdrehung des Strahles abgesehen wird. Das von einer kleinen Fläche der Kathode k ausgehende Strahlenbündel kann daher durch solche Spulen gesammelt und auf einen kleinen Fleck des Beobachtungsschirms oder der photographischen Schicht konzentriert werden. Die „Brennweite“ der Spulen lässt sich in einfachster Weise durch die Grösse des durchfliessenden Gleichstromes verändern. Diese Spulen bewirken bei gleichbleibender Stärke des Kathodenstrahlstromes eine wesentlich grössere Flächenhelligkeit des zeichnenden Kathodenstrahlfleckes auf dem Beobachtungsschirm.

Kipprelais. Zur Freigabe der Strahlsperrung und Erzeugung einer geeigneten Hilfsspannung zur Strahlablenkung längs der Zeitaxe, im Moment, wo ein aufzunehmender Vorgang auftritt, dient ein Relais. Es besteht aus einer kippfähigen Schaltung von Elektronenröhren, die erstmals von Gábor als Kipprelais angegeben wurde⁵⁾. Im Wartezustand des Oszillographen besteht im Kipprelais ein stabiler elektrischer Zustand zwischen Spannungen und Strömen der einzelnen Elektronenröhren. Sobald eine stossartige Veränderung im untersuchten Netz eintritt, springt der Zustand rasch in einen andern, metastabilen über, womit die Freigabe des Kathodenstrahles im Oszillographen und seine Bewegung längs der Zeitaxe des Oszillogrammes verbunden ist. Nach einer einstellbaren Zeit (meistens kleinen Bruchteilen einer Sekunde), während der Strahl einmal über die photographische Schicht gefahren ist, kippt der metastabile Zustand der Röhrenschaltung wieder in den stabilen Anfangszustand zurück. Damit wird der Kathodenstrahl erneut von der photographischen Schicht abgesperrt und in die Anfangslage zurückgeführt, ohne dass er dabei weiter auf jene einwirken kann.

Die Einschaltzeit, die das Relais braucht, vom Beginn des aufzunehmenden Vorganges bis zum Beginn der Aufzeichnung des Oszillogrammes, beträgt rund eine Millionst Sekunde. Von dieser Zeitstrecke muss verlangt werden, dass sie kurz sei gegenüber dem aufzunehmenden Intervall, denn sie geht bei der Aufnahme verloren, sofern man nicht einen Kunstgriff benutzt. Dieser besteht darin, die aufzunehmende Spannung zuerst auf das Kipprelais aufzutreffen zu lassen und sie dann erst über ein Kabel von rund 150 m Länge oder über rund 300 m Luftleitung den Ablenkplatten des Oszillographen zuzuführen. Die Laufzeit

⁵⁾ D. Gábor, „Forschungshefte der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen“, Heft 1, September 1927.

der elektrischen Spannungswelle über diese Strecke macht dann die Verzögerung durch die Einschaltzeit des Relais bedeutungslos, wobei allerdings eine Formänderung der Spannungswelle in Kauf zu nehmen ist.

Das Kipprelais besorgt demnach: 1. die automatische Intägigkeitsetzung des Oszillographen im Moment abnormal rascher Spannungvariationen des untersuchten Netzes; 2. die Strahlbewegung längs der Zeittaxe des Oszillogrammes, als Ersatz der mechanischen Fortbewegung der photographischen Schicht; 3. die Rückführung der Messeinrichtung in den Anfangszustand, d. h. die automatische Wiederherstellung der Aufnahmefähigkeit.

Die Aufnahmetechnik des Oszillographen in Verbindung mit dem Kipprelais ist sehr einfach, weil der Oszillograph vom aufzunehmenden Vorgang aus selber in Tätigkeit gesetzt wird, sobald rasche Spannungsprünge im beobachteten Netz vorkommen. Es ist daher kein mechanischer Auslösemechanismus nötig, der zwangsläufig sowohl den aufzunehmenden Vorgang als auch den Oszillographen in richtiger Zeitdistanz auslöst. Während solche Auslösemechanismen schon im Laboratorium Schwierigkeiten ergeben, sobald es sich um die Aufnahme sehr kurzzeitiger Vorgänge handelt, ist deren Anwendung in elektrischen Anlagen mit grossen Umständen verbunden oder in vielen Fällen überhaupt unmöglich. Bei genauerer Betrachtung führen in dieser Hinsicht beide Aufgaben, sowohl die Registrierung von Gewitterspannungen, als auch die Untersuchung anderer Störungen (besonders von Ueberspannungsvorgängen) zur gleichen Forderung bezüglich Aufnahmetechnik, dass eben der Oszillograph mit Hilfe eines raschwirkenden Relais automatisch im richtigen Moment in Tätigkeit gesetzt werden muss. Eine kleine Glimmlampe am Relais zeigt jeweilen eine stattgehabte Auslösung und Aufzeichnung eines Oszillogrammes an. Alsdann wird das Filmband ein Stück weiter bewegt, womit der Oszillograph zu weiteren Aufnahmen bereit ist.

Die beschriebene Messeinrichtung wird mit passender Spannungsteilung an elektrische Netze oder Apparate beliebig hoher Spannung angeschlossen und ist dann imstande, Vorgänge, die sich in winzigen Bruchteilen von Sekunden abgespielt haben, in allen Einzelheiten oszillographisch festzuhalten. Die Länge des aufzunehmenden Zeitintervalls wird dem aufzunehmenden Vorgang angepasst; sie lässt sich auf einfache Art variieren von etwa 1 bis $1/10000$ s. Da sich der in dieser Zeitspanne aufgezeichnete Vorgang über einer Zeitstrecke von rund 10 cm aufgezeichnet findet, ist es möglich, pro Millimeter Axenstrecke Einzelheiten zu erkennen, die sich in einer Zehnmillionst Sekunde abgespielt haben.

Beispiele aufgenommener Oszillogramme. Bereits im vergangenen Sommer gelang es, an zwei Hochspannungsleitungen die im Moment von Blitzen entstehenden Leitungs- spannungen in ihrem Verlauf festzuhalten. Abb. 3 zeigt ein Beispiel solcher Oszillogramme. Aus dem gemessenen Spannungsverlauf wird es erst möglich sein, zuverlässig wirkende Schutzmittel und Anordnungen zu finden gegen die Störungen elektrischer Anlagen durch Gewitter. Es ist hier nicht der Platz, auf die bisherigen Gewittermessungsresultate einzugehen; ein Bericht darüber wird im

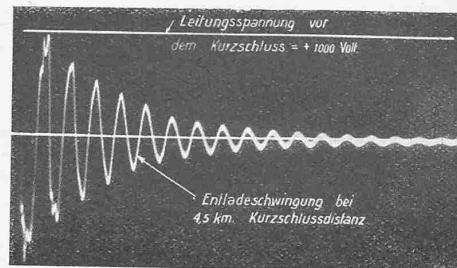


Abb. 6. Wanderwellenschwingung einer 4,5 km langen Freileitung. Links grosser, rechts kleiner Zeitmaßstab.

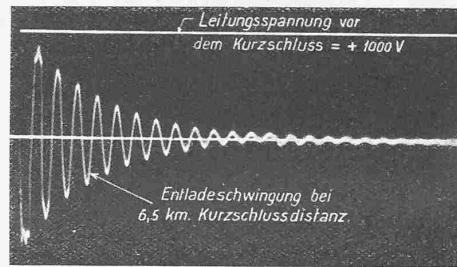
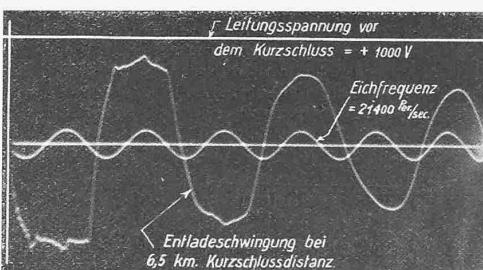


Abb. 7. Wanderwellenschwingung einer 6,5 km langen Freileitung. Links grosser, rechts kleiner Zeitmaßstab.

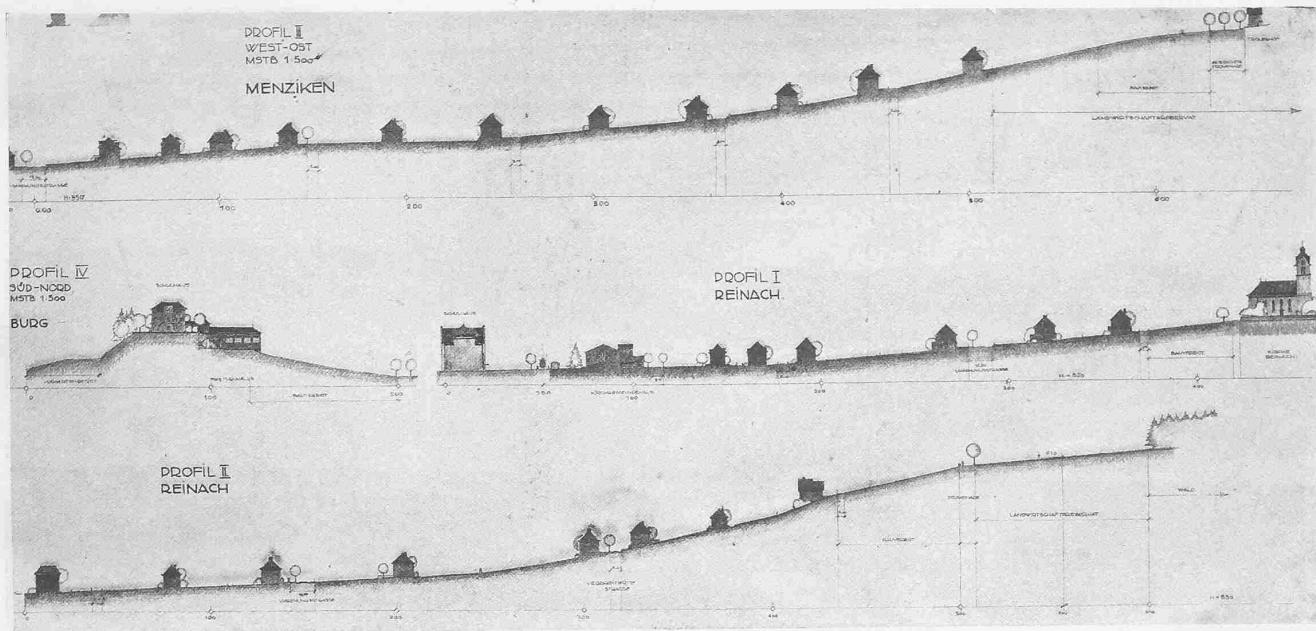
„Bulletin des Schweizer. Elektrotechnischen Vereins“ erscheinen. Abbildung 4 zeigt den Spannungsverlauf am Ende eines rund 145 m langen Kabels, wenn an dessen Anfang plötzlich ein Erdenschluss erfolgt. Man erkennt deutlich die Entladeschwingung des Kabels, nach deren Ablauf erst das ganze Kabel den Spannungswert Null erreicht hat. Der Ausgleichsvorgang vollzieht sich innerhalb weniger Hunderttausendst Sekunden.

Dieser kurzzeitige Vorgang kann praktische Bedeutung haben: Abbildung 5 zeigt den Spannungsverlauf, der beim Auftreffen der gezeigten Entladeschwingung auf einen mit Drosselpule „geschützten“ Transformator entsteht. Die Grösse der Drossel ist so gewählt, dass die Eigenfrequenz aus der Drosselpulen-Induktivität und der sogenannten Eingangskapazität des Transformators übereinstimmt mit der Grundfrequenz der Entladeschwingung nach Abb. 4. Die sogenannte Wanderwellenresonanz erzeugt dann am Transformator wesentlich höhere Spannungen, wie wenn keine oder eine passend überbrückte Drosselpule vorhanden wäre, und zwar ist im gezeigten Falle die Ueberspannung so hoch, dass an der Transformatklemme ein Ueberschlag auftreten wird, der zum Kurzschluss führen kann.

Zum Schluss zeigen Abb. 6 und 7 den Spannungsverlauf an einer Bahnfahrleitung, die in 4,5 bzw. 6,5 km Distanz vom Oszillograph plötzlich an die Schienen kurzgeschlossen wird. Die theoretisch erwartete Entladeschwingung tritt in der Tat auf. Ihr Verlauf hängt jedoch von Einzelheiten des Kurzschlussfunkens ab, die uns bisher unbekannt waren und auf die an anderer Stelle eingegangen werden wird.

Die bisherigen Versuche haben gezeigt, dass es möglich ist, mit Hilfe der entwickelten Messeinrichtung eine Reihe von Vorgängen bis in alle Einzelheiten zu verfolgen und ihr Wesen aufzuklären, wo dies bisher nicht möglich war.

Nachdem auf solche Weise der Verlauf der elektrischen Grössen, insbesondere bei Störungen, zahlenmäßig erfasst ist, wird es voraussichtlich möglich sein, entweder der Störungsursache vorzubeugen, oder sich gegen die Auswirkung solcher Störungen durch passende Anordnungen im Bau elektrischer Anlagen oder durch besondere Schutzapparate zu schützen. Die Erfahrungen, besonders in den Fragen des Ueberspannungsschutzes elektrischer Anlagen, haben zur Genüge gezeigt, wie schwierig es ist, sich über die Wirksamkeit von Abhilfmaßregeln ein Urteil zu bilden, wenn keine Möglichkeit besteht, die sich abspielenden Vorgänge messend verfolgen zu können. Diese Schwierigkeiten dürften mit Hilfe des neuen Oszillographen behoben werden können, der dazu berufen scheint, die Erfassung



1. Rang (3000 Fr.). Entwurf Nr. 12. — Verfasser Arthur Bräm, Gemeindeingenieur, Kitchberg (Zürich), und Theodor Laubi, dipl. Arch., Zürich. — Profile 1 : 3500.



Uebersichtskarte, Maßstab 1 : 40000. — Mit Bewilligung der Schweizerischen Landestopographie vom 19. Februar 1929.

und Beherrschung auch der raschesten Vorgänge auf die selbe sichere Grundlage zu stellen, wie dies der Schleifen-Oszillograph für die relativ langsam Vorgänge bereits getan hat.

In der daraus folgenden Möglichkeit der Verhinderung von Stromlieferungs-Unterbrüchen und der Vermeidung von Materialzerstörungen liegt die wirtschaftliche Bedeutung der vorliegenden Entwicklungsarbeiten und der weitern, unter der Aegide des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins noch vorzunehmenden Versuche in elektrischen Anlagen.

Ideen-Wettbewerb für Bebauungspläne der Gemeinden Reinach, Menziken und Burg.

Bei diesem von den drei Gemeinden gemeinsam veranstalteten Ideen-Wettbewerb waren den Bewerbern u. a. folgende Wegleitungen gegeben worden: Ausbau der Hauptstrasse unter allfälliger Verlegung der Wynentalbahn und gegebenenfalls teilweise Ueberdeckung der Wyna. Trassierung der Hauptverkehrstrassen unter Prüfung der Umgehung der Ortskerne der Gemeinden Reinach und Menziken für den Durchgangsverkehr. Erschliessung der Hänge im Hinblick auf eine gute Ueberbauungsmöglichkeit. Bauzoneneinteilung vorwiegend für Einfamilienhäuser. Im besondern waren vorzusehen: für Reinach Bezirkschule, Kirchgemeindehaus, Saalgebäude, Sport- und Festplatz; für Menziken Gemeindestube, Schulhaus, Sport- und Festplatz; für Burg Turnhalle, Gemeindehaus und Sportplatz, ferner im allgemeinen Erholungsanlagen und Spielplätze, sowie genügend Industriegelände mit Geleiseanschluss.

Aus dem Bericht des Preisgerichtes.

Dem Gemeindeammann in Reinach sind rechtzeitig 29 Entwürfe eingereicht worden. Das Preisgericht versammelte sich am Mittwoch, den 23. Januar, vormittags 10 Uhr in der Turnhalle. An Stelle des verstorbenen Arch. Bächtold tritt Arch. G. Gautschi von Reinach. Es wurde festgestellt, dass kein Projekt wesentliche Verstösse gegen das Wettbewerbsprogramm aufwies. Einer allgemeinen Besichtigung der eingelaufenen Arbeiten folgte eine Begehung des Wettbewerbsgeländes.

Eine weitere Prüfung der Arbeiten führte zu folgenden Erwägungen: Die Verkehrsschwierigkeiten in Reinach und Menziken sind in der Hauptsache auf das Bestehen der Wynentalbahn in der Landstrasse zurückzuführen. Die einwandfreiste Lösung zur Behebung dieses Uebelstandes würde darin bestehen, die Wynentalbahn in Reinach-Unterdorf aufhören zu lassen. Da die Verhältnisse z. Zt. noch zu wenig abgeklärt sind, konnte diese Voraussetzung nicht in das Wettbewerbsprogramm aufgenommen werden. Die eingereichten Projekte sehen deshalb mehrheitlich Lösungen vor, die die oben erwähnten Uebelstände nur teilweise beheben.

Als Teillösung ist die Beseitigung der Wynentalbahn aus der Landstrasse von der Haltestelle Reinach-Unterdorf bis Reinach S. B. B. zu bezeichnen. Wenn die wirtschaftlichen Verhältnisse es erlauben, so ist dieser Teillösung beizupflichten, und zwar empfiehlt sich eine Verlegung auf die westliche Seite der S. B. B. Von Reinach nach Menziken wäre eine Verlegung auf die Wyna denkbar, würde