Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 38 (1947)

Heft: 4

Artikel: Ein einfaches Zeichengerät zur Konstruktion der Elektronenbahnen im Potentialfeld

Autor: Graffunder, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056727

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: 22.08.2025

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

Depuis son adoption en 1903, jusqu'à ce jour, le rail conducteur de courant a été la cause de 9 accidents mortels, dont 2 se rapportent au personnel ferroviaire et 7 à des personnes étrangères au chemin de fer, sans compter plusieurs cas moins graves. Ces accidents ont fortement contribué à provoquer un grave mécontentement dans le public.

En cas d'abondantes chutes de neige, la présence du troisième rail met obstacle à l'emploi de chasse-neige, de sorte qu'il faut recourir au travail à la pelle, coûteux et lent, pendant lequel la circulation des trains est entravée.

Par temps brumeux et de gel, une pellicule de verglas se forme sur la surface de ce rail et empêche, parfois sur de grandes longueurs, le contact avec les patins métalliques des automotrices. Il y a été partiellement remédié en recouvrant le rail aux endroits particulièrement exposés ainsi qu'en munissant les automotrices de patins-racloirs, comme mentionné précédemment, mais les perturbations restent néanmoins fréquentes.

En cas d'arrêt de trains en pleine voie, le rail sous tension présente des risques pour les voyageurs qui descendent par curiosité, sans se rendre compte du voisinage immédiat de cette installation non isolée.

C'est aussi une complication pour le personnel d'entretien de la voie, qui a l'obligation d'avoir toujours avec lui un jeu de protections mobiles, de les placer chaque fois qu'il travaille à proximité du rail conducteur.

Il est ainsi aisé de se représenter la satisfaction qu'éprouveront tant le public que le personnel et l'administration lorsque cette installation aura fait place à une ligne aérienne capable de diminuer dans une forte proportion les nombreux ennuis qu'elle a occasionnés.

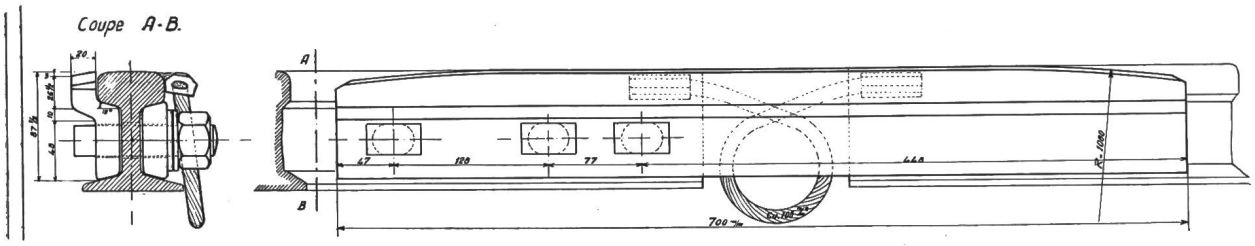

Fig. 14
Eclissage d'un joint de dilatation du rail de contact
Une éclisse mécanique, affleurant le champignon du rail, permet au patin de ponter sans choc.

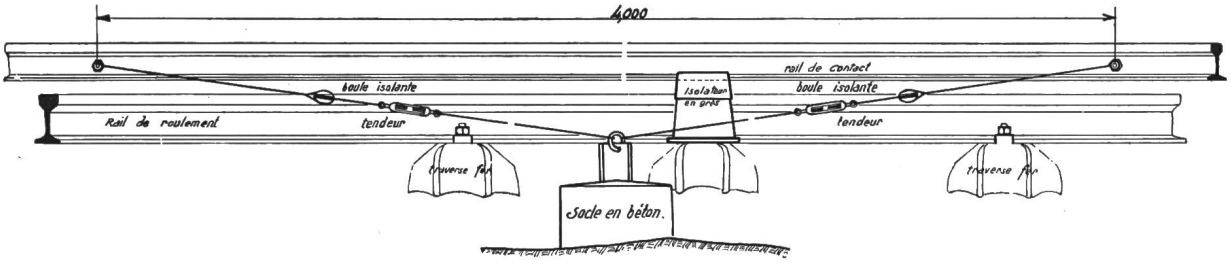

Fig. 15
Amarrage du rail de contact

Adresse de l'Auteur:
X. Remy, Directeur des Chemins de fer fribourgeois, Fribourg.

Ein einfaches Zeichengerät zur Konstruktion der Elektronenbahnen im Potentialfeld

Von *W. Graffunder*, Fryburg

621.317.729

Der Autor zeigt, wie, anschliessend an die experimentelle Ermittlung des Potentialfeldes eines elektronenoptischen Gerätes, die Elektronenbahnen mittels eines einfachen Zeichengerätes bestimmt werden können. Die Konstruktion des Zeichengerätes wird beschrieben.

Après l'exposé de la détermination expérimentale du champ de potentiel d'un dispositif d'optique électronique, l'auteur montre de quelle manière les trajectoires des électrons peuvent être déterminées à l'aide d'un simple appareil à dessiner et décrit la construction d'un tel appareil.

Einleitung

Für zahlreiche elektronenoptische Geräte ist die Kenntnis der Elektronenbahnen innerhalb der Entladungsröhren erforderlich. Ausgangspunkt zu ihrer Bestimmung ist in der Regel das Potentialfeld, das meist durch Modellversuche im elektrolytischen Trog mit hinreichender Genauigkeit, allerdings zunächst ohne Berücksichtigung der Raumladung, bestimmt werden kann. Derartige Anordnungen zur Aufnahme und Zeichnung der Potentiallinien sind mehrfach angegeben worden, z. B. [1, 2] [1]). Bei rotationssymmetrischen Feldern wird häufig ein halbkreisförmiges Modell der Elektrodenanordnung untersucht. Es genügt jedoch, den Potentialverlauf an einem keilförmigen Sektor des Feldes zu bestimmen, worauf auch *Coslett* [3] hingewiesen hat.

[1]) s. Literaturverzeichnis am Schluss.

Fig. 1 stellt eine derartige Anordnung dar. Eine Isolierplatte, die mit einer Reihe von Bohrlöchern versehen ist, in denen die verschiedenen Elektrodensektoren (*E*, *F*, *G*, *I*) befestigt werden können, wird schräg in einen Trog eingesetzt. Es stellen in Fig. 1 etwa dar: *E* die Kathode, *F* eine Steuerelektrode (Wehneltzylinder), *G* eine kreisförmige Blende, *I* einen Zylinder. Der Trog wird bis zur Höhe *H* mit Wasser gefüllt. Die Schnittlinie $\overline{KK}$ der Wasseroberfläche mit der Isolierplatte entspricht der Rotationsachse des Systems. Die Verwendung des sektorförmigen Feldmodelles hat den Vorteil, dass man das Modell in einem gegebenen Trog in sehr grossem Maßstab aufbauen kann, auch wenn der zur Verfügung stehende Trog nicht sehr tief ist. Ferner werden die Elektroden so einfach, dass sie in der Regel auch ohne Hilfe eines Mechanikers hergestellt werden können. Es ist unzweckmässig, den Sektorwinkel sehr klein zu machen, da infolge der Oberflächenspannung des Wassers die Schnittlinie $\overline{KK}$ dann nicht mehr genau genug definiert ist. Bewährt hat sich ein Winkel von etwa 30°. Zur Sondenführung und zeichnerischen Konstruktion der Potentiallinien sind zahlreiche Verfahren angegeben (z. B. [4]), auf die hier verwiesen werden kann. Es genüge der Hinweis, dass es mit einer verhältnismässig einfachen Anordnung möglich ist, ein Potentialfeld von etwa 30×50 cm Grösse mit 15 Aequipotentiallinien in etwa einer Stunde aufzunehmen. Ist das Potentialfeld zweidimensional, so kann nach der von *Kleynen* [5] angegebenen Methode der gespannten Gummimembran der Verlauf der Elektronenbahnen unmittelbar im Modellversuch bestimmt werden. Für andere Felder, d. h. für die meisten elektronenoptischen Geräte, ist diese Methode jedoch nicht verwendbar. *Gabor* [6] hat eine mechanische Vorrichtung beschrieben, um die Elektronenbahnen unmittelbar im elektrolytischen Trog aus dem Feldverlauf konstruieren zu können. Die von ihm angegebene Apparatur ist jedoch nicht einfach und setzt sorgfältige Mechanikerarbeit voraus, so dass die Elektronenbahnen in der Regel auf Grund des elektronenoptischen Brechungsgesetzes in das gegebene Potentialfeld eingezeichnet werden, was im allgemeinen wesentlich mehr Zeit erfordert als die Aufnahme des Potentialfeldes selbst. Eine sehr brauchbare Vorrichtung zur Konstruktion der Elektronenbahnen hat *Sándor* [7] angegeben, womit die Zeichenarbeit verringert werden kann. Unabhängig von *Sándor* hat auch *Bergmann* [8] ein derartiges Gerät konstruiert, das sich im praktischen Betrieb ausgezeichnet bewährte. Eine weitere wesentliche Vereinfachung des Gerätes ist möglich, wenn die Aequipotentiallinien in äquidistanten Schritten aufgenommen worden sind. Die Vorrichtung lässt sich leicht herstellen, und, da sich mit ihr erheblich schneller arbeiten lässt, soll sie im folgenden kurz beschrieben werden.

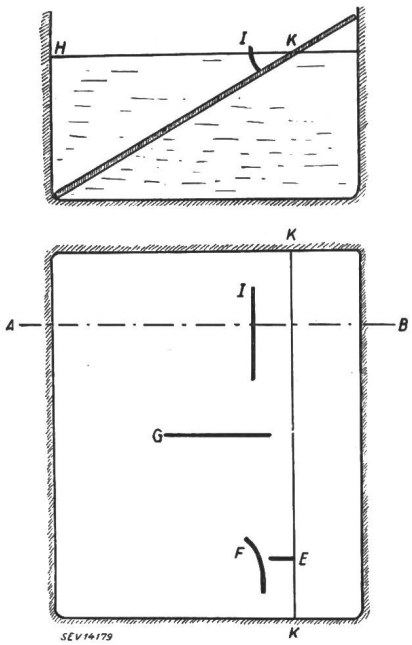

Fig. 1

Vorrichtung zur Aufnahme der Potentiallinien

Unten: Grundriss;

Oben: Aufriss (Schnitt *A—B*); *E*, *F*, *G*, *I* angenommene Elektrodenformen; *H* Höhe des Wasserspiegels im Trog; $\overline{KK}$ Schnittlinie der Wasseroberfläche mit Isolierplatte.

Theoretische Grundlagen

In Fig. 2 seien beispielsweise 3 Aequipotentiallinien mit den entsprechenden relativen Potentialen V, $2V$ und $3V$ dargestellt. Approximieren wir den tatsächlichen, stetigen Potentialverlauf durch eine Treppenkurve, so können wir den einzelnen Stufen die in Kreise gesetzten mittleren Potentiale $\frac{1}{2}V$, $\frac{3}{2}V$, usw. zuordnen. $\overline{AB}$ sei ein unter dem Einfallswinkel α_1 auf die Potentiallinie V auftreffender Strahl. Nach dem elektronenoptischen Brechungsgesetz gilt für den Austrittswinkel β_1 des gebrochenen Strahles $\overline{BC}$:

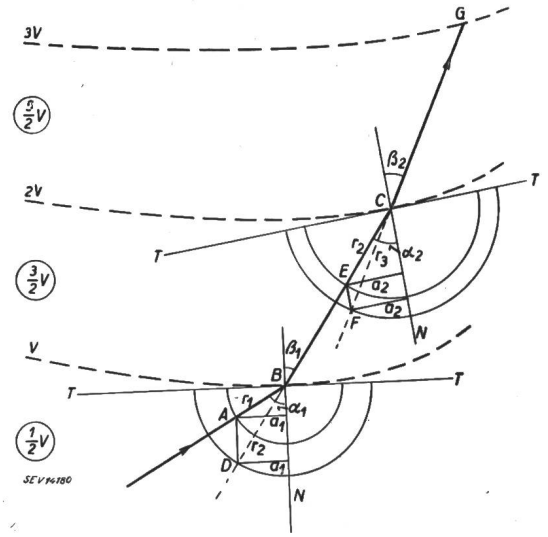

Fig. 2

Konstruktive Ermittlung der Brechungswinkel der Elektronenbahnen

V, *2V*, *3V* Potentiallinien; α_1, α_2 Einfallswinkel; β_1, β_2 Austrittswinkel; *N* Normale zu den Potentiallinien; $\overline{TT}$ Tangenten zu den Potentiallinien.

$$\sin\beta_1 = \sin\alpha_1 \sqrt{\frac{V_1}{V_2}} = \sin\alpha_1 \sqrt{\frac{\frac{1}{2}V}{\frac{3}{2}V}} = \sin\alpha_1 \sqrt{\frac{1}{3}}$$

Nun ist $\sin \alpha_1 = \frac{a_1}{r_1}$, und auf Grund des Brechungsgesetzes muss sein:

$$\sin \beta_1 = \frac{a_1}{r_1} \sqrt{\frac{1}{3}}$$

Zeichnet man nun die Parallele $\overline{AD}$ zum Einfallslot, so ist, wenn man den Radius $\overline{DB}$ mit r_2 bezeichnet, $\sin \beta_1 = \frac{a_1}{r_2}$, und es muss gelten:

$$\frac{a_1}{r_2} = \frac{a_1}{r_1} \sqrt{\frac{1}{3}}, \quad \text{d. h.} \quad \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{1}{3}}$$

Analog gilt für die Brechung an der Potentiallinie $2V$:

$\sin \alpha_2 = \frac{a_2}{r_2}$, und es muss entsprechend gelten

$$\sin \beta_2 = \frac{a_2}{r_2} \sqrt{\frac{\frac{3}{2} V}{\frac{5}{2} V}} = \frac{a_2}{r_3}$$

$$\text{d. h.} \quad \frac{a_2}{r_3} = \frac{a_2}{r_2} \sqrt{\frac{3}{5}}, \quad \text{also} \quad \frac{r_2}{r_3} = \sqrt{\frac{3}{5}}$$

Stellt man sich daher nach Fig. 3 eine durchsichtige Scheibe mit einer Reihe von Kreisen r_1, r_2, r_3 ... her, deren Radien zueinander im Verhältnis $1 : \sqrt{3} : \sqrt{5}$ ... stehen, so kann man durch Anlegen dieser Scheibe an die Aequipotentiallinien, derart, dass die Gerade $\overline{TT}$ in die Richtung der Tangente fällt, sofort zu jeder Einfallsrichtung $\overline{S_1O}$ die Richtung des gebrochenen Strahles $\overline{S_2O}$ finden. Man hat

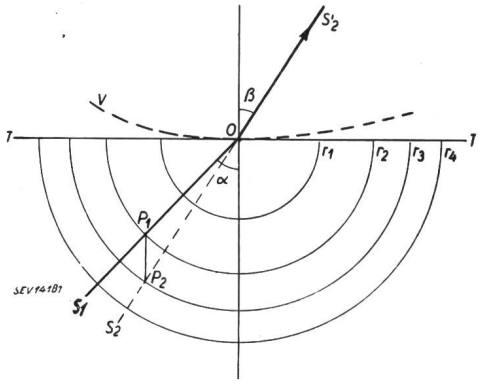

Fig. 3
Konstruktive Grundlage des Zeichengerätes

V Potentiallinie; $\overline{TT}$ Tangente; r_1, r_2, r_3... Radien im Verhältnis $1 : \sqrt{3} : \sqrt{5}$ ... ; $\overline{S_1O}$ Einfallsrichtung; $\overline{OS'_2}$ Austrittsrichtung; α, β Einfalls- und Austrittswinkel.

lediglich vom Schnittpunkte P_1 des Strahles S_1 mit dem entsprechenden «Potentialkreis» die Parallele $\overline{P_1P_2}$ zur Normale bis zum Schnitt P_2 mit dem nächsten Kreis zu verfolgen. $\overline{P_2O}$ ist alsdann die Richtung des gebrochenen Strahles.

Selbstverständlich kann das Gerät auch zur Konstruktion der Bahnen im Bremsfeld benutzt werden. Man verfolgt hierzu nur die Parallele von dem Punkte P_1 in Richtung niederen Potentials bis zu dem nächsten Potentialkreis. Hier kann «Totalreflexion» eintreten, sobald sich kein Schnittpunkt mit dem nächst niederen Potentialkreis ergibt.

Für viele Zwecke ist es nicht nötig, das ganze Potentialfeld in gleichen Potentialschritten auszumessen. Besonders im Gebiet höherer Potentiale, wo die Elektronen bereits eine erhebliche «Steifheit» besitzen, ist es möglich, in grösseren Schritten voranzugehen. Bei einem derartigen Uebergang zu anderen Intervallen ist darauf zu achten, dass die Brechung der Elektronenbahnen dem richtigen Potentialverhältnis entspricht. Näherungsweise lässt sich ein solches Potentialverhältnis aber immer finden. Es erübrigt sich also, hierauf näher einzugehen.

Konstruktion des Gerätes

Fig. 4 zeigt die Photographie eines ausgeführten Gerätes. Es besteht aus einer Celluloidscheibe von rund 0,5 mm Stärke und 10 cm Radius, in die die «Potentialkreise» und eine Schar auf der Tangentenrichtung senkrecht stehender Linien eingeritzt sind. Um den Mittelpunkt der Scheibe ist ein Arm um eine durchsichtige, ebenfalls aus Celluloid hergestellte Achse drehbar. Der Arm trägt auf dem einen Schenkel eine durch den Drehpunkt ge-

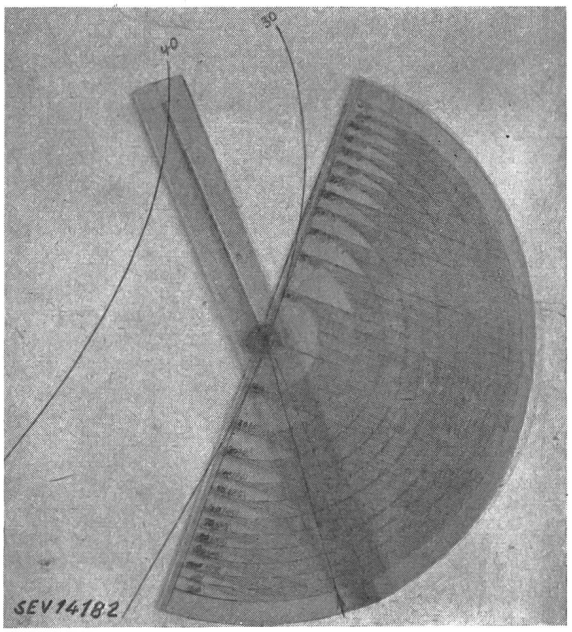

Fig. 4
Eine Ausführungsform des Zeichengerätes

hende Linie. In der Verlängerung dieser Linie ist im anderen Schenkel ein schmaler Schlitz eingeschnitten, der gerade genug Platz zur Führung der Spitze eines Zeichenbleistiftes bietet, so dass die Richtung des gebrochenen Strahles sofort mit dem Bleistift eingezeichnet werden kann. Für grössere Genauigkeitsansprüche ist eine kleine, dreieckige Einkerbung am Ende des Armes angebracht, in die ein spitzer Bleistift oder eine Nadel zur Markierung der Austrittsrichtung eingesetzt werden kann.

Bei der Anfertigung des Gerätes ist grosser Wert darauf zu legen, dass der Mittelpunkt der Kreise

auf der Scheibe genau mit der Drehachse des Armes zusammenfällt und vor allem, dass die Linie auf dem drehbaren Arm ebenfalls genau durch den Drehpunkt geht. Dass zur Vermeidung von Parallaxen die Tangente auf der Ober- und Unterseite eingeritzt wird, und dass sich die Linie auf dem drehbaren Arm an dessen Unterseite befindet, ist selbstverständlich. Die Kreise auf der Scheibe tragen doppelte Beschriftung, in einer Farbe die Bezeichnung 10, 20 30 ... und in einer zweiten Farbe die Bezeichnung 5, 10, 15 ..., so dass das Instrument bequem zur Konstruktion in Potentialfeldern mit 5er- oder mit 10er-Schritten verwendet werden kann.

Literatur

[1] *Zschaage, W.:* Nachahmung des elektrischen Feldes von Leitungen im elektrolytischen Trog. Elektrotechn. Z. Bd. 46(1925), Nr. 33, S. 1215...1219.

[2] *Hepp, G.:* Aufnahme von Potentialfeldern mit dem Elektrolyttrog. Philips' techn. Rdsch. Bd. 4(1939), Nr. 8, S. 235...242.

[3] *Coslett, V. E.:* Introduction to electron optics. Oxford, 1946. S. 27 ff.

[4] *Himpan, J.:* Eine neue Ausführung des elektrolytischen Troges zur Aufnahme von Potentialfeldern. Telefunken-Röhre Bd. 1939, Nr. 16, S. 198...209.

[5] *Kleynen, P. H. J. A.:* Ermittlung der Elektronenbewegung in zweidimensionalen elektrostatischen Feldern. Philips' techn. Rdsch. Bd. 2(1937), Nr. 11, S. 338...345.

[6] *Gabor, D.:* Mechanical tracer for electron trajectories, Nature Bd. 139(1937), Nr. 3513, S. 373.

[7] *Sándor, A.:* Einfache Konstruktionsvorrichtung für Trägerbahnen im elektrischen Potentialfeld. Arch. Elektrotechn. Bd. 35(1941), Nr. 6, S. 353...358.

[8] *Bergmann, V.:* Bericht der «Telefunken». Berlin. (Unveröffentlicht.)

Adresse des Autors:
Dr. *W. Graffunder*, Physikalisches Institut der Universität Freiburg.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Ein Bruch der Druckleitung des Kraftwerkes Nore (Norwegen)

[Nach *J. C. Holst:* Rorbruddet ved Nore kraftwerk. Elektrotekn. T. Bd. 59(1946), Nr. 32/33, S. 363...365.]

627.844.0046

Ein Bruch der Druckleitung eines Wasserkraftwerkes erregt weitherum Aufmerksamkeit. Ein solcher Leitungsbruch ereignete sich im Sommer 1946 beim Kraftwerk Nore. Glücklicherweise waren die Folgen nicht sehr schwerwiegend, weil der automatische Notabschluss einwandfrei arbeitete.

Am 7. August 1946 um 14.15 Uhr beobachtete die Bedienung im Werk Nore I, dass die Frequenz abnormal sank. Nore ist das frequenzregulierende Werk im ostländischen Netz Norwegens, weshalb seine Bedienungsmannschaft dem Frequenzmesser jederzeit grösste Aufmerksamkeit schenkt. Fünf Maschinen, je mit 18 000...20 000 kW belastet, waren zu jener Zeit im Betrieb. Der Schaltwärter prüfte zuerst alle Maschinen, um festzustellen, ob bei einer oder mehreren von ihnen die Belastung stark geändert hatte. Beim Generator Nr. 7 sah er, dass das Wattmeter auf 0 stand. Er regulierte deshalb den Turbinenregulator auf mehr Last, was aber ohne Wirkung blieb. Die Kontrolle der Maschine ergab, dass der Treibriemen für die Oelpumpe des Regulators abgefallen war. Das Oeldruckmanometer zeigte 4 statt 14 kg/cm². Der Maschinenwärter liess deshalb sofort die elektrische Reservepumpe anlaufen, worauf man ein explosionsähnliches Geräusch von der Turbine her hörte. Um weiteres Unheil zu vermeiden, wurde der Generator sofort von der Sammelschiene getrennt. Gleichzeitig beobachtete der Maschinenwärter, dass die Düsennadel der Turbine rasch auf volle Oeffnung ging und sich hierauf sofort wieder schloss.

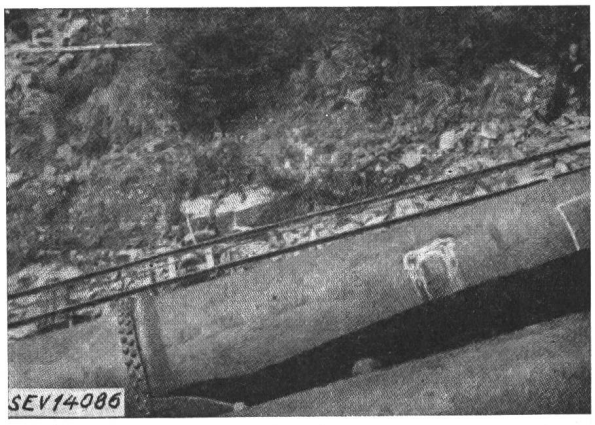

Fig. 1
Bruchstelle am Degenrohr zu einer Expansion
Man beachte den nahezu geradlinigen Verlauf des Bruches. Die mit Kreide angezeichneten Stücke wurden später als Materialproben für die Untersuchung herausgeschnitten

Fig. 2
Die Bruchstelle Fig. 1 von oben gesehen
Am rechten unteren Bildrand ist ein Teil der Expansionsmuffe sichtbar

Die beschriebenen Vorgänge ereigneten sich in der Zeit weniger Sekunden. Das erwähnte explosionsartige Geräusch rührte vom Leitungsbruch her, der sich gleichzeitig an zwei Stellen ereignete. Der eine erfolgte bei einer Druckhöhe von 300 m, der andere bei 100 m. Die austretenden Wassermengen waren jedoch verhältnismässig bescheiden, weil das automatische Schliessventil (vermutlich eine Drosselklappe, deren Abschluss durch Auslösen eines Gewichtes auf mechanischem Wege bewirkt wird. Red.) sofort reagierte. Dieses tritt bei rund 20% Uebergeschwindigkeit des Wassers in Funktion und schliesst praktisch innert 20 s, so dass nicht viel mehr Wasser austrat, als sich in der Leitung selbst befand. Trotzdem es sich über eine grosse Fläche ergoss, richtete es überraschend wenig Schaden an. Im Werk selbst merkte man überhaupt nichts davon, obschon die Druckleitung vertikal auf die Mauer des Maschinenhauses läuft. Der Zufall wollte es, dass die 5000-V-Leitung für die Speisung des benachbarten Bezirks und die Eigenversorgung die Druckleitung gerade an der Stelle des grösseren Rohrbruches kreuzt. Durch deren Beschädigung blieb die Apparatekammer beim Wasserschloss ohne Licht, und der elektrisch betriebene Absperrschieber (möglicherweise ein sogenannter Keilschieber oder eine