

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 48 (1957)
Heft: 8

Artikel: Gefahren elektrischer Natur durch landwirtschaftliche Beregnungsanlagen
Autor: Irresberger, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060598>

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: 05.04.2026

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

«Helvetia-Dominator» verkörpert die jahrzehntelangen Erfahrungen dieser Industrie. Dieses Modell ist eine Sonderleistung schweizerischer Präzisionsarbeit. Durch ihre bis aufs letzte durchdachte technische Vervollkommnung bietet die Helvetia-Nähmaschine jede Möglichkeit vielseitigen und angenehmen Arbeitens. Sie flickt, stopft, stickt, und durch die Zickzack-Vorrichtung sind unbegrenzte Variationsmöglichkeiten für Ziernähte vorhanden. Die elegante Form, die einfache Bedienung und die robuste Konstruktion sind erwähnenswerte Merkmale dieses Qualitäts-Produktes. Fig. 1 zeigt, wie die «Helvetia-Dominator» mit einer eingebauten Ziernaht-Automatik ausgerüstet werden kann.

Hunziker & Cie. A.-G., Zürich

(Halle 8b, Vorplatz.) Am bevorzugten Platz, beim Eingang zur Baumesse, zeigt die Hunziker & Cie. A.-G. als

erste Schweizer Firma ihre vorgespannten «Rocheton»-Druckrohre, mit welchen sie sich ein neues und vielversprechendes Absatzgebiet eröffnet. Der Stand ist schon von weitem sichtbar durch drei markante 10 m hohe Türme aus diesen Druckrohren von 125 cm ϕ . Im Vordergrund des Standes liegt ein «Rocheton»-Druckrohr von 5 m Baulänge und 70 cm ϕ , in welchem drei Fenster einen interessanten Blick auf die Radialvorspannung, die Längsvorspannung und die Rohrinnenfläche frei geben. Neben den neuartigen «Rocheton»-Druckrohren zeigt die Firma aber auch ihre bewährten Spezialrohre: das «Superbeton»-Schleuderrohr und das «Durobeton»-Rohr. Der ganze Stand ist aus Hunziker-Baustoffen errichtet, nämlich aus Kalksandsteinen, Backsteinen, Betonelementen, farbigen Bodenplatten, «Silisolit»- und «Leca»-Dachplatten. Im Interesse einer gediegenen Standgestaltung musste selbstverständlich auf eine umfassende Darstellung des gesamten reichhaltigen Fabrikationsprogrammes verzichtet werden.

Gefahren elektrischer Natur durch landwirtschaftliche Beregnungsanlagen

Von G. Irresberger, Gmunden

621.315.1.004.6 : 614.825 : 631.347

Ein Flächenberegnungsapparat mit selbsttätig rotierender Strahldüse, mit dem Jauche verregnet worden war, verursachte zufolge gegen die Hochspannungseinführungen einer Ortsnetz-Transformatorstation abgetriebenen Sprühnebels eine schwere Netzstörung. Unter Nennung zahlreicher Publikationen über ähnliche Vorgänge, bei denen durch Flüssigkeitsstrahlen oder durch elektrolytische Fremdschichten auf Isolationsoberflächen sowohl Unfälle als auch Sachschäden hervorgerufen werden können, wird über Leitfähigkeitsmessungen an Wasser- und Jaucheproben sowie über die bei den Versuchen an einer Drehstrom-Hochspannungs-Versuchsleitung gewonnenen Erkenntnisse berichtet.

Une grave perturbation dans un réseau a été provoquée par un arroseur automatique rotatif qui servait à épandre du purin et en avait projeté contre les entrées de la ligne à haute tension dans un poste de transformation secondaire. L'auteur, qui mentionne de nombreuses publications au sujet d'incidents analogues ayant causé des accidents ou des dégâts, du fait des jets de liquide ou d'un dépôt électrolytique sur des surfaces isolantes, donne des renseignements sur des mesures concernant la conductivité d'échantillons d'eau et de purin, ainsi que sur les connaissances acquises par des essais sur une ligne triphasée à haute tension.

Freileitungsnetze sind wohl meist durch Naturereignisse in Mitleidenschaft gezogen, vereinzelt aber auch durch Eingriffe betriebsfremder Personen, die Betriebsstörungen verursachen und damit sich selbst, andere Personen und die Energieversorgung gefährden.

Zu den Tätigkeiten, welche im Bereich elektrischer Freileitungen unter gewissen Voraussetzungen Betriebsstörungen zur Folge haben können und mit Unfallgefahren verbunden sind, zählen unter anderem auch das Baumspritzen, der Betrieb von Beregnungs- und Berieselungsanlagen sowie die Löschkaktionen von Feuerwehren [1, 2]¹⁾.

Im Energieversorgungsgebiet der Oberösterreichischen Kraftwerke Aktiengesellschaft (OKA), Linz a. d. Donau, Landesgesellschaft für die Energieversorgung Oberösterreichs, kam es nun kürzlich bei einer 25-kV-Transformatorstation zu einer schweren Betriebsstörung, die durch den Betrieb einer landwirtschaftlichen Beregnungsanlage in unmittelbarer Nähe dieser Station ausgelöst wurde und sich unter eigenartigen Umständen zutrug.

Bei dieser in einem grossen Gutshof in Verwendung stehenden Beregnungsanlage wird mittels einer Dreikolben-Hochdruck-Gülle- und Beregnungspumpe über zuerst fix im Erdreich und anschliessend fliegend auf dem Beregnungsgebiet verlegte Stahlrohre ein Grossflächen-Regner (Stativtyp) betrieben. Die Umlaufzeit des Regners ist durch eine Stellschraube in weiten Grenzen ver-

stellbar. Bei der in Gebrauch stehenden Düse beträgt bei normalem Betriebsdruck die maximale Wurfweite 21,5 m. Beim Regner erfolgt dabei die Zerstäubung des Rein- oder Abwassers mittels eines einstellbaren Verteilerfingers, der unmittelbar nach der Düsenöffnung in den Wasserstrahl eingreift (Störkörper). Ohne Strahlstörung erfolgt eine Weit-, mit Strahlstörung eine Nahberegnung.

Bei völliger Windstille hat die von einem Drehstrahlregner mit gleichmässiger Drehbewegung benetzte Fläche genau Kreisform; bei höheren Windgeschwindigkeiten ergeben sich jedoch, wie eigene Ausmessungen an beregneten Ackerflächen bestätigten, demgegenüber stark verzerrte Wurfbilder.

Für die Beregnung und Düngung der Acker- und Gemüsekulturen dieses landwirtschaftlichen Betriebes wird nun normalerweise Wasser, verschiedentlich aber auch Gülle verwendet. Am Tage der Betriebsstörung wurde infolge besonderer Betriebsumstände aber Jauchegut in die Leitungsrohre befördert, elektrisch betrachtet, also — wie spätere Messungen ergaben — ein Elektrolyt mit grosser Leitfähigkeit zur Verregnung gebracht.

Die Entfernung vom Aufstellungsort des Regners bis zur Hochspannungsleitung betrug etwa 14 m, bis zur Transformatorstation etwa 20 m. Trotzdem der am Tage der Betriebsstörung vorherrschende starke Wind in Richtung Transformatorstation die Benetzung der Ackerfläche weit hinausschob, hatte der der Regnerdüse abgewendete Rand der Auftrefffläche des Strahls die Transformatorstation selbst nicht erreicht. Die Spuren

¹⁾ siehe Literaturverzeichnis am Schluss der Arbeit.

des Sprühnebels (Jauchestaubes) hingegen waren an den Fenstern des 24 m hinter der Transformatorstation liegenden Wohngebäudes sowie an der Transformatorstation (ausser an den Schadenstellen) an der Befestigungsarmatur für die Überspannungsableiter einwandfrei feststellbar.

Der nässende Jauche-Sprühnebel [3] wurde nun im Falle der Betriebsstörung bis in den Bereich der Transformatorstationseinführungen (Abspannisolatoren, Porzellandurchführungen und Glastafeln) abgetrieben und verursachte — trotz nur kurzer Einwirkungsdauer von etwa 80 s Regnerbetrieb — insbesondere an den Durchführungen und Glastafeln einen dickeren zusammenhängenden Jauche-Film. Dieser löste als elektrisch gut leitende Flüssigkeitsschicht (gegen den geerdeten Fensterrahmen der Station) einen ein- beziehungsweise zweipoligen Erdschluss aus, der sich zu einem Kurzschluss über alle drei Leiter ausweitete. Dieser verursachte — neben schwerem Sachschaden — überdies noch weitere Betriebsstörungen in den anschliessenden Netzteilen.

Bei einem ähnlichen Vorkommnis in der Schweiz traf der Jauchestrahle einer Beregnungsanlage bei jeder Umdrehung des rotierenden Rohres während einer gewissen Zeit die Drähte und Isolatoren einer sechsdrähtigen 50-kV-Leitung und leitete damit einen Kurzschluss mit einer anschliessenden unliebsamen Betriebsstörung ein [1].

Es muss darauf hingewiesen werden, dass nicht nur bei der Verregnung von Gülle oder Jauche (also ausgesprochen starken Elektrolyten), sondern auch bei solcher von Rein- oder Abwässern hoher Leitfähigkeit die Regner keinesfalls zu nahe den Stützpunkten von Hochspannungsleitungen oder Transformatorstationen aufgestellt werden dürfen. Abgesehen davon, dass durch besonders aggressive Wässer eine Korrosion von Isolatorstützen eingeleitet oder stark gefördert werden kann, setzt eine Benetzung der Isolatoroberfläche mit stark leitendem Leitungswasser oder Abwasser in unerwünschter Weise den Sicherheitsgrad von Hochspannungs-Freileitungsisolatoren herab. Ohne auf Detailfragen der Beurteilung von Hochspannungs-Isolatoren je nach Wasser-Leitfähigkeit und Regen-Überschlagsspannung (z. B. Reduktionskurven zur Umrechnung der Überschlagwerte auf die Normalleitfähigkeit) [4...11] einzugehen, sei als wesentlich nur erwähnt, dass unter den verschiedenen Formen der Isolationsminderung an Freileitungsisolatoren der Regenüberschlag natürlich die mildeste darstellt.

Ähnliche Probleme in sicherheitstechnischer Beziehung — einerseits im Hinblick auf Unfallgefahren für Bedienende, andererseits im Hinblick auf Sachschäden zufolge Überschlägen an Isolatoren — bestehen beim in äussersten Notfällen möglicherweise notwendig werdenden Löschen von Bränden mittels Wasser in der Nähe von unter Betrieb befindlichen Hochspannungsleitungen [12...31; 46], beim Abspritzen von verschmutzten Hochspannungsisolatoren in Freiluftanlagen unter Spannung mittels Wasser durch festeingebaute oder ortsveränderliche Beregnungsanlagen [32...42], beim Be-

spritzen von Obstbäumen mittels Baumspritzflüssigkeiten [1; 15; 18; 43; 44] sowie beim Spritzen der Oberfläche von Holzmasten mittels Holzschutzmittellösungen [47] bei eingeschalteten Hochspannungsleitungen. Überschläge an Isolatoren von Hochspannungsleitungen können aber nicht nur durch stark stromleitende Flüssigkeitsfilme (Spritzwasser) beim direkten Beregnen der Oberflächen (Fig. 1), sondern bereits zufolge Kurzschliessens der Luftstrecken durch herabrinnende, stark stromleitende Flüssigkeitsfäden (Vogelekxkremete) zustande kommen [48].

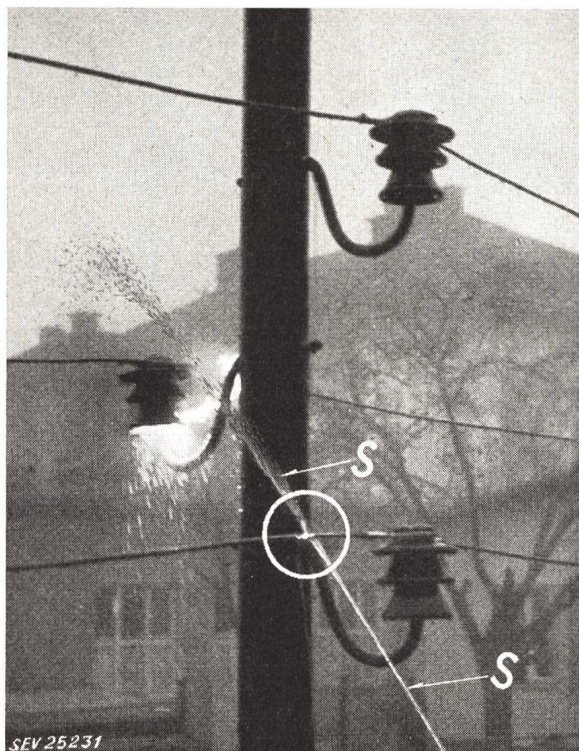


Fig. 1

Lichtbogen-Überschlag

über die Oberfläche eines Freileitungs-Isolators des Delta-Typs gegen die geerdete Isolatorstütze einer unter 25-kV-Betriebsspannung stehenden Versuchsleitung, bei Besprühung mit Jauche von $13\,500\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ Leitfähigkeit (bei $18\ ^\circ\text{C}$) und 15 s Einwirkungsdauer. Man beachte die von der Isolatorunterseite abspringenden glühenden Teilchen des Hanfpolsters der Isolatorbefestigung.

im Kreis: Entladung vom unteren Leiterseil gegen den auf Schlagweite vorbeispritzenden Jauchestrahle S

Beim Hochspannungsisolator führt nun eine leitende Oberflächen-Fremdschicht (z. B. Salzbelag, nach Einwirkung von Feuchtigkeit) zu erhöhtem Ableitverlust und stärkerer Erwärmung des Isolators, so dass (neben anderen Wirkungen) nach Überschreitung einer gewissen Stromstärke in Fortsetzung auftretender stromstarker Entladungen auch die Gefahr eines Überschlages mit nachfolgendem Lichtbogen besteht, der den Isolator erhitzt und zersprengt (Oberflächen-Fremdschichtüberschlag).

Vom sicherheitstechnischen Standpunkt ist hiezu noch zu bemerken, dass durch solche Fremdschichten, die auf Isolationsoberflächen haften,

auch elektrische Unfälle zustande kommen können; z. B. erlitt vor vielen Jahren eine Frau beim Berühren eines mit streifenförmigen Kalkspritzern behafteten Glaskörpers einer Glühlampe durch Einwirkung von Elektrizität den Tod [49].

Zwei Starkstromunfälle, die sich vor mehr als drei Jahrzehnten im genannten Unternehmen ereigneten [50] — der eine trug sich an einem Wasserstrahler der im Wege des unter Hochspannung stehenden Flüssigkeitsstrahles [51], der andere durch einen zufolge eines Niederspannungskabeldefektes zustande gekommenen Spannungstrichter in einem Gewässer zu — waren unter anderem für den Verfasser die Veranlassung, sich eingehend mit der Frage der elektrischen Leitfähigkeit von natürlichem Wasser aller Art zu beschäftigen. Umfangreiche Messungen, die nun in den letzten Jahren hiefür an Wasserproben der verschiedensten Herkunft (Trink- und Nutzwasser aus Quellen, Bächen, Flüssen und Seen) durchgeführt wurden, ergaben (bei einer Bezugstemperatur von 18 °C) spezifische Leitfähigkeiten zwischen 1400 und 15 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Fig. 2). Bei Schneeschmelzwasser aus dem Toten Gebirge lagen die Messwerte sogar nur zwischen 7,4 und 11,8 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ²⁾. Die bei 50 und 1000 Hz durchgeführten analogen Messungen mit Jauche-Proben haben nun geradezu überzeugend ihre ausserordentlich hohe Leitfähigkeit bestätigt: Die Leitfähigkeit von Jauche schwankte (bei einer Bezugstemperatur von 18 °C) zwischen 36 300 und 75 900 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$; gegenüber Leitungswasser hiesigen Ursprunges (mit einem Mittelwert von 330 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) war sie somit 110...230mal besser und liegt gegenüber jener der in Akkumulatoren als Elektrolyt verwendeten verdünnten Schwefelsäure mit 600 000 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ und Kalilauge mit 400 000 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ [53] um etwa eine Zehnerpotenz tiefer.

Grössere Unterschiede sind aber — wenn man vom Handelsdünger (Düngersalze) sowie Mischungen zwischen Wirtschaftsdüngemittel und Handelsdüngemittel ganz absieht — nicht nur durch die Art des Naturdüngers (z. B. Rinder-, Schweine-, Schaf- oder Pferdedünger) und dessen in weiteren Grenzen schwankenden Gehalts an Stickstoff, Kali, Phosphorsäure, Kalk, Schwefelsäure, Natron, Kieselsäure, Chlor und Fluor sowie organischen Substanzen bedingt, sondern ergeben sich auch je nach Entnahmestelle der Probe. Aus Gülle-Mischgruben, deren Rührwerke nicht in Tätigkeit standen, haben Oberflächenproben beispielsweise Leitfähigkeiten von 7400 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Minimalwert), Bodenproben 16 500 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Maximalwert) ergeben. Durch den Umstand, dass in äussersten Notfällen beim Löschen von Bränden schon wiederholt auf Jauchegruben (Latrinen) zurückgegriffen werden musste, kommt im Hinblick auf das erwähnte Problem der Leitfähigkeit von Jauche auch in dieser Hinsicht — ähnlich den grössenmässig etwa gleich leitenden Wasser-Luftschaumbildner-Gemischen [31], ebenso wie Meerwasser [26] — eine besondere Bedeutung zu.

²⁾ In einem anderen Extremfall wies das aus einem Bach entnommene, in dem Teich neben einem Dampfkraftwerk gesammelte Kühlwasser von 430 °d bei einer Bezugstemperatur von 40 °C sogar eine spezifische Leitfähigkeit von 29 000 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ auf [52].

Die für Jauche genannten Werte liegen zum Teil wesentlich über der Leitfähigkeit von salzhaltigem Meerwasser [54; 55], welches je nach Zeit, Ort und Tiefe der Probeentnahme (bei einer Bezugstemperatur von 25 °C) eine Leitfähigkeit zwischen 12 490 und 62 800 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ aufweist. Vom Meerwasser ist des weiteren dabei bekannt, dass durch Wind land-

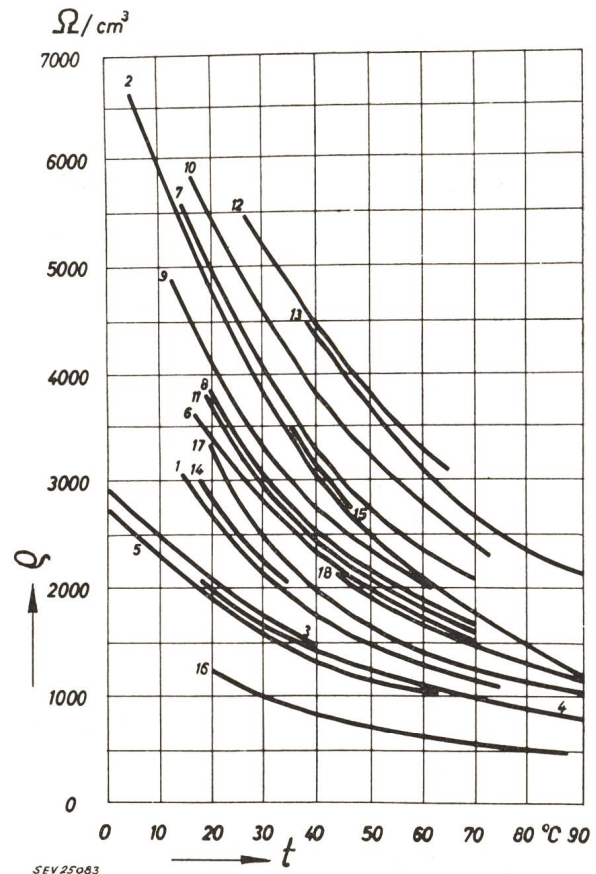


Fig. 2

Spezifischer Widerstand ρ von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur t

1 Zürcher Trinkwasser (nach Tobler); 2 Mailänder Trinkwasser (nach Rebora); 3...5 Berliner Leitungswasser ¹⁾ [nach Siemens-Schuckert-Werke (SSW)]; 6...8 Gmundner Leitungswasser; 9 Limmat-Wasser (nach Tobler); 10 Traun-Wasser; 11 Ager-Wasser; 12 Traunsee-Wasser; 13...15 Kesselwasser (nach Höhn); 16 Wasser mit sehr hohem Salzgehalt (nach SSW); 17 Wasser mit Carbonathärte 10,4 °d, Sulfathärte 1,9 °d (nach SSW); 18 Wasser mit Carbonathärte 3,6 °d, Sulfathärte 3,1 °d (nach SSW)

[Zur Erläuterung sei angeführt, dass beispielsweise einem spezifischen Widerstand von 2500 Ωcm eine spezifische Leitfähigkeit von 400 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ entspricht (Kehrwert)]

¹⁾ Kurve 3: Temperatur-Widerstand-Gesetz beschrieben durch Zahlengleichung $\rho_t = 2930 e^{-0,0173 t}$ [Ωcm].

einwärts getriebene Salznebel an in der Nähe von Meeresküsten verlaufenden Hochspannungsleitungen bei Tau und Nebel schwere Überschläge an den Freileitungsisolatoren und damit Unterbrechungen in der Energieversorgung verursachten [59...87]. Abgesehen davon haben aber auch an Fernsprech-Freileitungen intensive Salzablagerungen an den Isolatoren und Gestängen, die in Küstengebieten zuweilen beachtliche Dicke erreichen, zu starken Senkungen des Isolationswiderstandes, grösseren Ableitverlusten und damit zu Betriebsschwierigkeiten geführt [88; 89].

Fremdschichtstrom-Messungen, die teils an den bei der erwähnten Betriebsstörung beschädigten Glastafeln und Porzellandurchführungen, teils an derartigen neuen Bauelementen im feuchten fremdschichtbehafteten Zustand durchgeführt wurden, haben einerseits relativ hohe Stromwerte ergeben, andererseits die Abhängigkeit des Stromdurchflusses von verschiedenen beeinflussenden Faktoren (wie Zusammensetzung, Dicke, Ausdehnung und Benetzungseigenschaften des Filmes) bestätigt. Im völlig trockenen Zustand waren die Fremdschichten praktisch isolierend, jedoch zeigte sich nach Einwirkung von Feuchtigkeit³⁾ ein merklicher Stromfluss. Es ergaben sich dabei aber insbesondere bei den stark beschädigten Porzellandurchführungen grössere Unterschiede bei den Fremdschichtströmen, je nachdem, ob diese Messungen an der Ober- oder Unterseite des Porzellankörpers bzw. im Bereich der Norm-Riffelung oder der Rillen desselben durchgeführt wurden. Vergleichsmessungen, bei denen genormter Prüf-Salznebel [90; 91]⁴⁾ zur Anwendung kam, ergaben ähnliche Resultate. Wie sich dabei die Verhältnisse des Oberflächenüberschlages einerseits bei fliessenden Wasserhäuten, andererseits bei ruhenden Flüssigkeitsbelägen auf Glas und Porzellan [92...97] gestalten, wurde insbesondere durch in neuester Zeit durchgeführte Untersuchungen zur systematischen Klärung der Isolationsminderung in Hochspannungsanlagen [98...101] gezeigt, weshalb es sich erübrigt, darauf näher einzugehen. Bei Untersuchungen, die im Hochspannungsprüffeld des genannten Unternehmens im Zusammenhang mit der Entwicklung einer neuartigen Arbeitsmethode (Zwischensetzen von Einfach-Holzmasten in der Trasse eingeschalteter Hochspannungsleitungen [102]) durchgeführt wurden, sind übrigens nach dem Abtrocknen von Wasserfilmen auf reinen bzw. imprägniersalz-verschmutzten Isolationsoberflächen beim Anlegen von Hochspannungs-Wechselstrom ähnliche Vorgänge, wie sie in den erwähnten Studien [100; 101] aufgezeigt sind, beobachtet worden.

Wenn auch das eingangs erwähnte Vorkommnis mit der landwirtschaftlichen Beregnungsanlage in der Störungsstatistik des genannten Unternehmens [50] einzig dastehend ist, verdient es — insbesondere weil es, allgemein gesehen, kein Einzelvorkommnis mehr zu sein scheint [1] — besondere Beachtung. Es ist bekannt, welche Vorteile künstliche Regenanlagen sowohl für die Landwirtschaft als auch durch den elektrischen Antrieb der Pumpenanlagen für Elektrizitätswerke haben. Bei nicht fachgemässer Aufstellung von Beregnungsanlagen können aber unter gewissen Voraussetzungen, neben elektrischen Gefahren für Bedienende [44...46], auch Betriebsstörungen mit schweren Sachschäden in Anlagen von Elektrizitätsversorgungsunternehmen zustande kommen.

Der Umstand, dass einerseits derartige Beregnungsanlagen von Gärtnern und Landwirten immer

³⁾ z.B. nach Aufbringung einer sehr dünnen zusammenhängenden Tröpfenschicht destillierten Wassers, hergestellt durch Feinstzerstäubung von Leitfähigkeitswasser von $2,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

⁴⁾ Leitfähigkeit des bei den Versuchen benützten künstlichen Meerwassers: $41\,500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

mehr und mehr angeschafft werden, andererseits die Regnerindustrie heute bereits Weitstrahlregner mit grossen Wurfweiten auf den Markt gebracht hat, zwingt die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, solchen Anlagen im Sinne der in den Vorschriften einzelner Länder gegebenen Hinweise [103; 104] ein erhöhtes Augenmerk zuzuwenden.

Literatur

- [1] Vogel, E.: Gemeinsames Vorgehen der Elektrizitätswerke zur Verhütung von durch Drittpersonen verursachten Störungen und Unfällen an elektrischen Freileitungen und Kabelleitungen. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 25, S. 977...984.
- [2] Irresberger, G.: Stromunfälle von Fremdpersonen an Starkstrom-Freileitungen. Berufsgenossensch. Bd. —(1956), Nr. 7, S. 277...281.
- [3] Herterich, O.: Ein Beitrag zur Terminologie der Wasserzerstäubung. Z. Forschg. u. Techn. im Brandschutz Bd. 5 (1956), Nr. 2, S. 43...48.
- [4] Weicker, W.: Regen-Überschlagsspannung von Freileitungs-Isolatoren. Elektro-J. Bd. 1(1921), Nr. 4, S. 11...12.
- [5] Weicker, W.: Neuere Gesichtspunkte zur Beurteilung von Hängeisolatoren. Elektrotechn. Z. Bd. 42(1921), Nr. 51, S. 1473...1478; Nr. 52, S. 1508...1511.
- [6] Weicker, W.: Beurteilung der Isolatoren des Weltmarktes nach Wasserleitfähigkeit und Regenüberschlagsspannung. Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen Bd. 20(1922), Nr. 13, S. 139...142; Nr. 17, S. 192.
- [7] Weicker, W.: Gesichtspunkte für die Bestimmung der Regenüberschlagsspannung von Freileitungs-Isolatoren. Mitt. Hermsd. Schom. Isolat. Bd. —(1923), Nr. 7, S. 111...156.
- [8] Weicker, W.: Gesichtspunkte für die Bestimmung der Regenüberschlagsspannung von Freileitungs-Isolatoren. Elektrotechn. u. Maschinenbau Bd. 41(1923), Nr. 30, S. 429...438.
- [9] Lienhard, E.: Über den Einfluss der Anzahl von Überschlägen bei Beregnung, sowie der Beregnungszeit auf die Überschlagsspannung von verschiedenen Freileitungsisolatoren. Bull. SEV Bd. 18(1927), Nr. 7, S. 420...426.
- [10] Weicker, W.: Prüfvorschriften für Hochspannungs-Isolatoren. Vergleichende Gegenüberstellung der in den einzelnen Ländern zur Zeit gültigen Bestimmungen. Elektrotechn. Z. Bd. 48(1927), Nr. 44, S. 1631...1635.
- [11] Koshuchow, W. K.: Les essais d'amorçage sous pluie sur les isolateurs. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1935, Bd. 2, rapp. 232, 9 S.
- [12] Heinicke, F.: Was ist über die Gefährdung der Feuerwehr beim Anspritzen stromdurchflossener Drähte zu sagen. Elektrotechn. Z. Bd. 24(1903), Nr. 25, S. 478...481.
- [13] Storer, S. B., H. O. Rockwell und R. E. Danforth: Report on High Voltage Transmission Lines. Street Railw. J. Bd. 29(1904), Nr. 13, S. 449...450.
- [14] Anonym: Gefährdung der Feuerwehr beim Anspritzen elektrischer Leitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 26(1905), Nr. 5, S. 124...125.
- [15] Anonym: Anspritzen von Hochspannungsleitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 36(1915), Nr. 2, S. 20.
Koepsel, A.: Das Anspritzen von Hochspannungsleitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 36(1915), Nr. 16, S. 194...195.
Haas, B.: Anspritzen von Hochspannungsleitungen. Elektrotechn. Z. Bd. 36(1915), Nr. 17, S. 210.
- [16] Maeder: Die 100 000 V Hochspannungsleitung in den Strassen Berlins. Anspritzversuche und Sicherheitsmassnahmen. Feuerschutz Bd. 3(1923), Nr. 5, Seite 100...105.
- [17] Anklam, K.: Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe. Elektrotechn. Z. Bd. 46(1925), Nr. 40, S. 1508...1509; Bd. 47(1926), Nr. 24, S. 713.
- [18] Wahlig, J.: Dürfen Brände in unter Spannung stehenden Anlagen mit Wasser gelöscht werden? Elektr.-Wirtsch. Bd. 27(1928), Nr. 451, S. 60...65; Nr. 457, S. 222...223; Nr. 464, S. 420...422; Bd. 28(1929), Nr. 491, S. 457...460.
- [19] Müller: Feuerwehr und Starkstrom. Feuerschutz Bd. 8 (1928), Nr. 4, S. 74...77.
- [20] Anonym: Wasserlöschung von Bränden in elektrischen Anlagen. Elektrotechn. Z. Bd. 49(1928), Nr. 33, S. 1238...1239.
- [21] Anonym: Mit dem Strahlrohr gegen eine Hochspannungsleitung von 132 000 V. Fireman Bd. 56(1933), Nr. 682, S. 186.
- [22] Criswell, R. B. und D. K. Auck: Die elektrische Leitfähigkeit von Wasserstrahlen. Fireman Bd. 57(1933), Nr. 686, S. 59.
- [23] Bufet, Maruelle, Y. Le Moigne und Ch. Roussel: Peut-on, dans un incendie, arroser les conducteurs sous tension? Rev. gén. Electr. Bd. 36(1934), Nr. 9, S. 305...316.
- [24] Anonym: Wasserstrahlen gegen Hochspannungsleitungen. Fire-Engng. Feuerpolizei Bd. 39(1937), Nr. 9, S. 156...157.
- [25] Burnet, G.: Feuerwehrleute und elektrische Gefahren. The Fireman Bd. 62(1938), Nr. 747, S. 77...79; Nr. 748, S. 89.
- [26] Holmström, G.: Elektrische Leitfähigkeit von Meerwasser. Feuerpolizei Bd. 40(1938), Nr. 1, S. 20.
- [27] Moltke, C. von: Feuerwehr und Elektrizität. Elektrotechn. Z. Bd. 27(1906), Nr. 26, S. 601...607; Nr. 27, S. 639...640; Nr. 34, S. 803.

- [28] *Wasterlain*: La conductivité électrique des jets d'eau sortant d'une lance. *Pact* Bd. 6(1952), Nr. 5, S. 215.
- [29] *Rossmagel*, W. E.: Modern Techniques for Fighting Electrical Fires. *Nat. Saf. News*. Bd. 65(1952), Nr. 6, S. 22.
- [30] *Wesseling*, J. J.: Spritzen mit Wasserstrahlen auf unter elektrischer Spannung stehende blanke Leitungen. *De Brandweer* Bd. 8(1954), Nr. 1, S. 10...12.
- [31] *Wagner*, F.: Die Strahlrohrerdung. *Z. Forsch. u. Technik im Brandschutz* Bd. 3(1954), Nr. 2, S. 61...65.
- [32] *Montandon*, A. und Y. *Le Moigne*: Amélioration apportée à l'isolement des lignes à haute tension situées au voisinage de la mer. *Rev. gén. Electr.* Bd. 22(1927), Nr. 6, S. 217...219. *Bull. SEV* Bd. 19(1928), Nr. 4, S. 125...128.
- [33] *Fleming*, G. A.: Provision Made for Three Fuels at Long Beach. *Electr. Wld.* Bd. 92(1928), Nr. 14, S. 673...679. *Anonym*: The Answer to Spray and Fog Exposure. *Insulator Surface Resistance*. *Electr. Wld.* Bd. 94(1929), Nr. 23, S. 1114.
- [34] *Wood*, R. J. C.: Spray and Fog Tests on 220-kV Insulators. *J. AIEE* Bd. 48(1929), Nr. 12, S. 900...904.
- [35] *Josse*, H.: De l'influence des conditions atmosphériques sur le fonctionnement des lignes de transmission d'énergie à haute tension. *Rev. gén. Electr.* Bd. 45(1939), Nr. 20, S. 655...665.
- [36] *Estorff*, W. und W. *Weber*: Abspritzen von Hochspannungsisolatoren im Betrieb. *Elektrotechn. Z.* Bd. 61(1940), Nr. 36, S. 817...822.
- [37] *Roggendorf*, A.: Reinigung von Höchstspannungsanlagen unter Spannung. *Elektrotechn. Z.* Bd. 61(1940), Nr. 36, S. 823...827.
- [38] *Estorff*, W.: Abspritzen von Hochspannungsisolatoren im Betrieb. *Z. VDI* Bd. 85(1941), Nr. 17, S. 401...402.
- [39] *Malloy*, C. T.: Transmission Operation and Maintenance. *Electr. Wld.* Bd. 131(1949), 21. Mai, S. 214...218.
- [40] *Roggendorf*, A.: Reinigung von Hochspannungsanlagen unter Spannung mit fest eingebauten Berieselungsanlagen. *Betriebserfahrungen aus über einem Jahrzehnt*. *Elektr.-Wirtsch.* Bd. 50(1951), Nr. 2, S. 31...36; Nr. 5, S. 123...127.
- [41] *Werner*, E.: Die Dampfkraftwerke Voitsberg und St. Andrä der Österreichischen Draukraftwerke A.-G. *Betriebserfahrungen und Erweiterungspläne*. *E. u. M.* Bd. 73(1956), Nr. 11/12, S. 260...268.
- [42] *VDE 0143/56* Vorschriften und Richtlinien für das Abspritzen verschmutzter Hochspannungsisolatoren unter Spannung.
- [43] *Centralschweizerische Kraftwerke*: Ist das Baumspritzen in der Nähe von elektrischen Leitungen gefährlich? *Bull. SEV* Bd. 30(1939), Nr. 3, S. 73...75.
- [44] *Jorgensen*, M. O., N. *Andersen*, A. *Mose-Christensen*, S. *Tanggaard* und P. *Poulsen-Hansen*: Betaenkning fra det af Danske Elvaerks Forening nedsatte regnanonudvalg. *Elektrotekniker* Bd. 48(1952), Nr. 6, S. 101...109.
- [45] *Billib*, H.: Anspritzen elektrischer Leitungen im Beregnungsgebiet. *Wasser u. Boden* Bd. 4(1952), Nr. 3, S. 60...62.
- [46] *Koch*, W.: Widerstand von Wasserstrahlen. *ETZ-A* Bd. 74(1953), Nr. 18, S. 543...544.
- [47] *Jurenkow*, W. D.: Mechanisierte antiseptische Behandlung des Holzstoffes von Freileitungsmasten. *Elektritscheskije stanzi* Bd. —(1953), Nr. 8, S. 39...43.
- [48] *Transmission at 220 Kv on the Southern California Edison System*. A Symposium. *J. AIEE* Bd. 43(1924), Nr. 10, S. 901...908; Nr. 11, S. 1025...1030.
- [49] *Jellinek*, St.: Gefährdungsmöglichkeiten bei Berührung unsauberer Glühlampen. *Elektrotechn. Z.* Bd. 43(1922), Nr. 24, S. 815...817.
- [50] *Irresberger*, G.: Die Analyse der Unfälle 1919 bis 1939 eines grossen Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmens. *Bull. SEV* Bd. 42(1951), Nr. 12, S. 443...450.
- [51] *Irresberger*, G.: Unkenntnis der Gefahr als Ursache schwerer Unfälle. *Sichere Arbeit* Bd. 4(1951), Nr. 3, S. 3...5.
- [52] *Smolanski*, A.: Einfluss der Schienenstreuströme elektrischer Strassenbahnen auf die Korrosion in Turbinenkondensatoren. *Elektrotechn. Z.* Bd. 56(1935), Nr. 5, S. 100...104.
- [53] *Schmidt*, E. und W. *Piening*: Versuche über das Verhalten von alkalischen Akkumulatoren bei tiefen Temperaturen. *Elektrotechn. Z.* Bd. 55(1934), Nr. 36, S. 878...881.
- [54] *Rupp*, E.: Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Meerwassers. *Z. anorg. Chemie* Bd. 49(1906), Nr. 2, S. 190...194.
- [55] *Traugott*, G.: Die elektrische Leitfähigkeit des Seewassers. *Carlswerk-Rdsch.* Bd. 2(1928), Nr. 4, S. 11...12.
- [56] *Süberkrüb*, W.: Nebelüberschlagsversuche an verschmutzten Isolatoren. *AEG-Mitteilung für Bahnbetriebe* Bd. —(1932), Nr. 13.
- [57] *Satoh*, Y. und K. *Murakoshi*: Wirkung tonhaltiger Staubniederschläge auf die Stossüberschlagsspannung von Isolatoren [in japanischer Sprache]. *J. Inst. Electr. Engrs. Japan*. Bd. 54(1934), S. 967...970.
- [58] *John*, W. J. und F. M. *Sayers*: Transmission-Line Insulators under Deposit Conditions. *J. Instn. Electr. Engrs.* Bd. 77(1935), Nr. 467, S. 629...648. *Discussion* S. 643...662.
- [59] *Martinet* I. I. W. L. und H. I. *Lessen*: Die elektrische Lokalbahn Rotterdam—Haag. *De Ingenieur* Bd. —(1918), Nr. 4.
- [60] *Anonym*: Pin or Arm Insulator not Sufficient. *Electr. Wld.* Bd. 72(1919), Nr. 9, S. 394...396.
- [61] *Sylwan*, E.: Nagot om salt som isolator-förstörare. *Elektrotekn. T.* Bd. 53(1923), S. 215, 227.
- [62] *Weicker*, W.: Einiges über Salz als Isolationsstörer. *Mitt. Vereinig. Elektrizitätsw.* Bd. 23(1924), Nr. 361, S. 174...180.
- [63] *Bokkelen*, W. R.: Protecting Lines Against Salt Fogs and Dust. *Electr. Wld.* Bd. 85(1925), Nr. 20, S. 1028...1029.
- [64] *Anonym*: Sand-Salzablagerung auf Isolatoren. *Mitt. Hermsd.-Schomb. Isolat.* Bd. —(1926), Nr. 29/30, S. 893...894.
- [65] *Schweppenhäuser*, H. G.: Verhalten von Freileitungen bei Salzablagerungen unter dem Einfluss der Meeresnähe. *VDE-Fachber.* Bd. 3(1928), S. 25...27.
- [66] *Larsen*, S.: Hochspannungsisolatoren in Küstengebieten. *Elektrotekn. T.* Bd. 41(1928), Nr. 1.
- [67] *Bechholdt*, H.: Untersuchung von Isolatoren bei starker Verschmutzung. *Elektrotechn. Z.* Bd. 49(1928), Nr. 9, S. 331...332.
- [68] *Bechholdt*, H.: Untersuchung von Isolatoren bei starker Verschmutzung. *Mitt. Hermsd.-Schomb. Isolat.* Bd. —(1928), Nr. 38, S. 1202...1208.
- [69] *Pfeiffer*, R.: Neuere Prüfeinrichtungen für Hochspannungsisolatoren im mechanisch-technischen Versuchsfeld. *Mitt. Hermsd.-Schomb. Isolat.* Bd. —(1928), Nr. 38, S. 1185...1201.
- [70] *Montandon*, A. und G. *Gravier*: Amélioration apportée à l'isolement des lignes à haute tension situés au voisinage de la mer. *Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)*, Paris 1929, Bd. 2, rapp. 32, S. 455...462.
- [71] *Schneider*, W.: Untersuchungen über die Beeinflussung der Überschlagsspannung von Kettenisolatoren durch Salzablagerung auf den Porzellanschirmen. *Stemag-Nachr.* Bd. 4(1930), Nr. 5, S. 152...168.
- [72] *Anonym*: Verschmutzungssichere Hängisolatoren. *Elektrotechn. Z.* Bd. 52(1931), Nr. 9, S. 273...274.
- [73] *Nuttal*, G. R. F.: Effect of Atmospheric Conditions on Insulators. Estimates of the Amounts of Deposit in Industrial Areas in Great Britain. *Wld. Power* 13(1930), Nr. 78, S. 561...564.
- [74] *Montandon*, A. und G. *Gravier*: Amélioration apportée à l'isolement des lignes à haute tension soumises à des dépôts. *Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)*, Paris 1931, Bd. 2, rapp. 19, S. 172...179.
- [75] *Swingler*, G. H. und W. *Smidt*: Insulators Troubles. Experiences on the Cape Rural Supply System of the South African Electricity Supply Commission. *Electrician* Bd. 107(1932), Nr. 2778, S. 278...279.
- [76] *Ryle*, P. J.: Two Transmission-Line Problems. The Design of Suspension Insulators for Use in Industrial Areas in Great Britain, and the Vibration of Overhead Transmission-Line Conductors. *Electr. Rev.* Bd. 108(1931), Nr. 2777, S. 276...277.
- [77] *Ryle*, P. J.: Two Transmission-Line Problems — Suspension Insulators for Industrial Areas in Great Britain; Conductor Vibration. *J. Instn. Electr. Engrs.* Bd. 69(1931), Nr. 415, S. 805...827. *Discussion* S. 827...849.
- [78] *Obenaus*, F.: Über die Bewährung von Hescho-Sonderisolatoren in Leitungen mit starker Verschmutzungsgefahr. *Hescho-Mitt.* Bd. —(1932), Nr. 64/65, S. 2023...2044.
- [79] *Obenaus*, F.: Der Einfluss von Oberflächenbelag (Tau, Nebel, Salz und Schmutz) auf die Überschlagsspannung von Isolatoren. *Diss. TH Dresden* 1933.
- [80] *Obenaus*, F.: Der Einfluss von Oberflächenbelag (Tau, Nebel, Salz und Schmutz) auf die Überschlagsspannung von Isolatoren. *Hescho-Mitt.* Bd. —(1933), Nr. 70, S. 2203...2239.
- [81] *Bernard*, L. und W. *Weicker*: Isolationsstörungen. *Elektrotechn. Z.* Bd. 55(1934), Nr. 6, S. 145...146.
- [82] *Obenaus*, F.: Die Überschlagsspannung verschmutzter Isolatoren. *Elektrotechn. Z.* Bd. 56(1935), Nr. 13, S. 369...370.
- [83] *Hillebrand*, W. A. und Ch. J. *Miller*: Insulator Surface and Radio Effects. *Electr. Engng.* Bd. 53(1934), Nr. 8, S. 1213...1220.
- [84] *Anonym*: Salt Deposits on Insulators. *Standard Testing Methods Suggested of the I. E. E.* *Electr. Times* Bd. 95(1939), S. 292.
- [85] *Anonym*: Il fenomeno dei depositi salini meteorici sulle linee elettriche nelle regioni del basso Po. *Energia elettr.* Bd. 17(1940), Nr. 2, S. 104...105.
- [86] *Zanon*, F. S.: La polvere meteorica salina de gennaio 1940. *Geofis. pura appl.* Bd. 2(1940), S. 173...184.
- [87] *Estorff*, W.: Die Naturerscheinung atmosphärischer Salzablagerungen auf Freileitungsisolatoren in der unteren Po-Ebene. *Elektrotechn. Z.* Ed. 62(1941), Nr. 30, S. 661...662.
- [88] *Anonym*: Autocombustione di pali in legno di linee elettriche dovuta a depositi salini meteorici. *Energia elettr.* Bd. 18(1941), Nr. 2, S. 126...128.
- [89] *Anonym*: Untersee-Fernsprechkabel für die Fernsprecheverbindung «Wien—Dalmatien». *Elektrotechn. Z.* Bd. 34(1913), Nr. 11, S. 295...296.
- [90] *Nowotny*, R.: Isolationsverhältnisse österreichischer Kistenleitungen. *Elektrotechn. u. Maschinenbau* Bd. 31(1913), Nr. 39, S. 821...823.
- [91] *Commission Electrotechnique Internationale*: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique des pièces détachées. *Publ. Nr. 68*, 1954. Genève: Bureau Central de la C. E. I. 1954.
- [92] *Ganz*, E. und K. *Michel*: Die Berücksichtigung klimatischer Einflüsse bei der Planung und Konstruktion elektrischer Geräte. *Bull. SEV* Ed. 47(1956), Nr. 10, S. 441...458.

[92] *Cohnstaedt*: Beobachtungen über die Wasserhaut von Glas und Metallen. Die Wasserhauttheorie der elektroaktiven Oberflächen. Leipzig: Barth 1912.

[93] *Kyser, H.*: Die elektrische Kraftübertragung. Bd. 1. 2. Aufl. Berlin: Springer 1920. (Siehe Kapitel Mauerdurchführungen S. 313...319.)

[94] *Schwaiger, A.*: Elektrische Festigkeitslehre. Berlin: Springer 1925. (Siehe S. 164...173.)

[95] *Semenoff, N. und A. Walther*: Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. Berlin: Springer 1928.

[96] *Smail, G. G., R. J. Brooksbank und W. M. Thornton*: The Electrical Resistance of Moisture Films on Glazed Surfaces. J. Instn. Electr. Engrs. Bd. 69(1931), Nr. 411, S. 427...436.

[97] *Thornton, W. M.*: A New Method of Measuring adsorbed Moisture Films on Non-Conductors. J. Instn. Electr. Engrs. Bd. 74(1934), Nr. 449, S. 448...452.

[98] *Cron, H. von, W. Estorff und H. Lüpplé*: Le comportement des isolateurs à haute tension dont les surfaces sont soumises à diverses conditions. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1954, Bd. 2, rapp. 218 und 218 bis, 30 S.

[99] *Reverey, G.*: Der Fremdschicht-Überschlag an Isolatoren bei Betriebsspannung. ETZ-A Bd. 76(1955), Nr. 1, S. 36...42.

[100] *Cron, H. von*: Der Fremdschichtüberschlag. Eine Darstellung von Untersuchungen zur systematischen Klärung der Isolationsminderung in Hochspannungsanlagen. Siemens Z. Bd. 29(1955), Nr. 10, S. 427...434.

[101] *Cron, H. von*: Der Fremdschichtüberschlag. Ergebnisse der Untersuchungen an Freiluft-Isolatoren mit saugfähigen Fremdschichten unter Betauung. Siemens Z. Bd. 29(1955), Nr. 11, S. 475...483.

[102] *Irresberger, G.*: Schutzmassnahmen bei Aufstellung von Holzmasten unter Spannung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 53(1954), Nr. 24, S. 788...790.

[103] *VDE*: Vorschriften für den Betrieb von Starkstromanlagen. VDE 0105/...56, Entwurf 1. Wuppertal u. Berlin: VDE-Verlag 1956. (Siehe IV/A/n.)

[104] *ÖVE*: Merkblatt über das Verhalten der Bevölkerung gegenüber elektrischen Freileitungen. ÖVE-L8/1954. Wien: Elektrotechnischer Verein Österreichs 1954.

Adresse des Auteurs:

G. Irresberger, Direktionsassistent der OKA, Gmunden, Ort 76 (Österreich).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Canons pour cinéscopes à spot non-circulaire

621.397.621.2 : 621.3.0.32.263

[D'après R. C. Knechtli et W. R. Beam: Kinescope Electron Guns for Producing Noncircular Spots. RCA Rev. Vol. 17(1956), n° 2, p. 275...296]

Introduction

Cet article décrit des canons électroniques d'un nouveau type, pour cinéscopes et tubes à rayons cathodiques. Ces canons se distinguent par leur propriété de produire un spot rectangulaire ou allongé, avec une densité de courant élevée. D'une manière générale, des spots de forme quelconque peuvent être obtenus à l'aide du second type de canon décrit ci-dessous.

Limitations fondamentales

Afin de mieux faire comprendre le fonctionnement des canons en question, les principaux facteurs limitant leurs performances sont résumés.

1. Par suite d'*aberrations sphériques* dans le système d'optique électronique, la densité de courant maximum s'obtient dans le spot lorsque l'on réduit le produit $V_0 \sin^2 \theta_0$ à la plus petite valeur possible. V_0 est le potentiel de l'objet; θ_0 est l'angle de divergence du faisceau d'électrons à l'objet; les dimensions de l'objet sont supposées constantes, ainsi que le grossissement. Le spot s'obtient en projetant sur l'écran, à l'aide d'un système d'optique électronique, une section donnée du faisceau d'électrons. Cette section est l'*objet* du système optique; le spot est l'*image*. L'objet se situe en général sur un plan proche de la cathode, où la section du faisceau atteint un minimum.

2. Les *fluctuations thermiques* de la vitesse d'émission des électrons à la cathode déterminent la valeur minimum du produit $V_0 \sin^2 \theta_0$ théoriquement possible pour une densité donnée de courant à la cathode.

3. La *charge d'espace* tend à diffuser le faisceau électronique. Cet effet diminue à mesure que le potentiel du faisceau croît. Pour cette raison, on a avantage à choisir le potentiel V_0 de l'objet aussi élevé que possible.

Canon à lentille cylindrique

Dans un canon conventionnel, une lentille sphérique formée d'électrodes à ouvertures circulaires réduit la section du faisceau émis par la cathode à une dimension minimum; cette section minimum, proche de la cathode, demeure circulaire et constitue l'objet du système d'optique électronique. L'objet étant circulaire et le système optique étant sphérique, le spot (l'image) est également circulaire. Le canon à lentille cylindrique diffère du canon conventionnel par une lentille cylindrique (au lieu d'une lentille sphérique) qui forme la section minimum du faisceau. Au lieu de converger en un point après avoir quitté la cathode, le faisceau converge sur une ligne; cette ligne est l'objet du système optique produisant le spot. Un diaphragme proche de l'objet limite la longueur utilisable de la ligne, ce qui limite aussi la longueur du spot. La largeur du spot dépend de la largeur

de la ligne-objet. La fig. 1 montre un canon de ce type. Avec une distance cathode-écran de 53 cm, ce canon a produit un spot d'environ $0,25 \times 1,0$ mm, avec un courant maximum de 1 mA dans le spot, et l'écran à un potentiel de 25 kV.

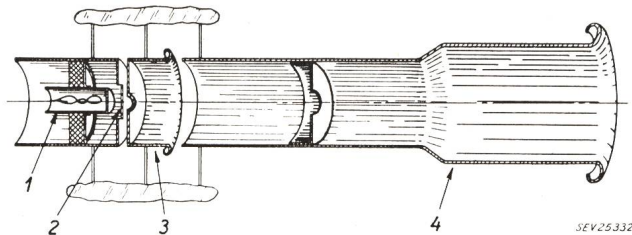


Fig. 1

Canon à concentration linéaire

1 Cathode; 2 Electrode de commande, fente de 0,5 mm de largeur; 3 Anode d'accélération, ouverture de 0,5 mm de diamètre; 4 Anode de concentration

Canon à objet défini par diaphragme

Dans ce canon, l'objet est défini par un diaphragme limitant la section du faisceau électronique. Cela permet de choisir à volonté la forme de l'objet et, par conséquent la forme du spot. De plus, contrairement à ce qui se passe dans un canon conventionnel, les dimensions et la position de l'objet ne dépendent pas de l'intensité du faisceau. Enfin, les bords du spot sont plus nets.

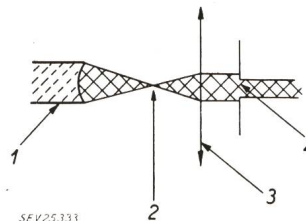


Fig. 2

Principe du système de formation de l'objet

1 Cathode; 2 Croisement; 3 Lentille électronique; 4 Diaphragme définissant l'objet

Afin de réduire au minimum l'effet des aberrations sphériques du système optique projetant l'objet sur l'écran, l'on cherchera à réduire le produit $V_0 \sin^2 \theta_0$ au minimum, pour un objet et un courant électronique donnés. Afin de réduire au minimum l'effet de la charge d'espace, on choisira le potentiel V_0 de l'objet aussi élevé que possible. Ces deux considérations résultent directement des limitations fondamentales mentionnées plus haut. Elles mènent logiquement au système représenté à la fig. 2. Dans ce système, le faisceau se trouve concentré en un point (crossover); ce point coïncide avec le foyer d'une lentille électronique. Tous les électrons passant par ce foyer émergent de la lentille sans di-