

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 52 (1961)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Lichtbogenversuche an 220-kV-Isolatorenketten  
**Autor:** Wildi, P. / Kläy, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916825>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

# Lichtbogenversuche an 220-kV-Isolatorenketten

Von P. Wildi, Zürich, und H. Kläy, Langenthal

621.315.624.015.52

Versuche mit Leistungslichtbögen über 220-kV-Isolatorenketten mit verschiedenen Schutzarmaturen zeigen deren Wirksamkeit. Brennt der Lichtbogen zu nahe bei den Isolatoren, so können diese durch die Hitzewirkung zerstört werden. Es werden Schutzarmaturen beschrieben, welche den Lichtbogen auffangen und von den Isolatoren wegleiten.

Les essais d'arcs de court-circuit sur des chaînes d'isolateurs de 220 kV démontrent l'efficacité de différentes armatures de protection. Si l'arc de forte intensité reste trop près des isolateurs ceux-ci peuvent être endommagés sous l'effet de la chaleur. On décrit des armatures de protection qui après un contournement éloignent des isolateurs l'arc à courant fort.

An Freileitungsisolatorenketten werden aus verschiedenen Gründen Schutzarmaturen angebracht. Überschläge der Isolatoren entstehen mehrheitlich als Folge von Gewitterüberspannungen. Bei einem Blitz-einschlag in den Mast oder in das Erdseil kann der Spannungsabfall am Mast und an der Erdung die Stossüberschlagspannung der Leitungsisolierung erreichen und dadurch einen Rücküberschlag vom Mast auf den Leiter herbeiführen. Meistens wird dieser Überschlag auf denjenigen Leiter erfolgen, bei welchem der Momentanwert der Betriebsspannung die Spannungsdifferenz gegen den Mast vergrößert. Dieser Stossüberschlag ist unschädlich für Leiter und Isolatoren; er ionisiert aber die Luftstrecke so stark, dass nun auch die Betriebsspannung einen Lichtbogen über die ionisierte Luftstrecke aufrechterhalten kann; dieser Erdschlusslichtbogen erreicht bei der heutigen Vermaschung der 220-kV-Netze Stromstärken von einigen Tausend A (Fig. 1). Auch wenn der Lichtbogen nur einige Zehntelsekunden brennt, und dann durch Schnellschalter unterbrochen wird, kann, wie die nachstehend beschriebenen Versuche gezeigt haben, u. U. eine Zerstörung an den Isolatoren erfolgen.

Werte der Überschlagspannungen und auf Radiostörfreiheit gelegt, und die Kontrolle über das Verhalten bei Hochstromlichtbögen unterlassen. Solche Versuche sind umständlich und lassen sich nur in wenigen, besonders eingerichteten Hochleistungsprüfanlagen durchführen. Sie sind als abschliessende Prüfung äusserst wichtig; denn nur durch diese Versuche kann der Nachweis für einen richtigen Lichtbogenschutz erbracht werden.

Die Schutzwirkung der Lichtbogenarmatur kann durch Ausnützen der elektrodynamischen «Blaswirkung» auf den Lichtbogen verbessert werden. Die Kraft des magnetischen Feldes, erzeugt durch die Ströme im Leiter – hier durch die Schutzarmatur – kann wie folgt berechnet werden:

$$F = I B l$$

Darin bedeuten:

- $F$  Kraft auf das Lichtbogenelement in kp
- $B$  Magnetische Induktion beim Lichtbogen
- $I$  Stromstärke im Lichtbogen in A
- $l$  Länge des Lichtbogens in cm

$$B = \mu_0 H_a = \mu_0 \frac{1}{4 \pi a} (I_1 - I_2)$$

$a$  Distanz des Lichtbogenelementes vom Leiter in cm

$H_a$  magnetische Feldstärke in A/cm

$I_1$  und  $I_2$  sind die von beiden Seiten des Leiters auf den Lichtbogen zufließenden Ströme. Wenn diese gleich gross sind – geschlossener Ring – so ist  $B$  und damit die Kraft auf den Lichtbogen gleich null. Die Kraft ist am grössten, wenn  $I_2 = 0$ , d. h. wenn der Strom nur von einer Seite auf den Lichtbogen zufließt: offene Armatur. Dann ist

$$F = \frac{I^2 l}{a} 10^{-8} \text{ [kp]}$$

Sie wächst proportional dem Quadrat des Stromes und nimmt mit der Distanz  $a$  ab.

Für  $a = 5$  cm,  $I = 4000$  A,  $l = 1$  cm,

$$\text{wird } F = 3 \cdot 10^{-2} \text{ [kp/cm]}$$

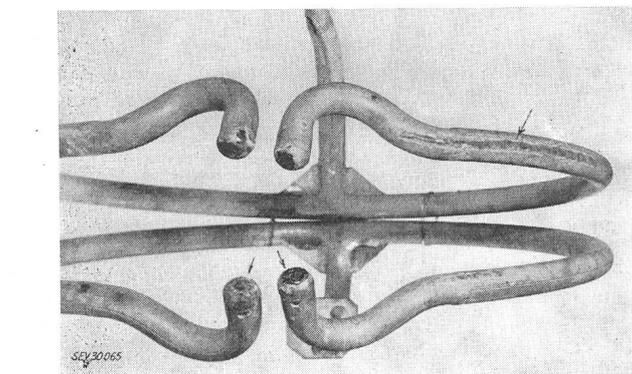


Fig. 1

Schutzarmaturen einer 220-kV-Isolatorenkette nach einem Erdschlusslichtbogen, gezündet durch einen Blitz. Die Fortleitung des Lichtbogens an die offene Stelle ist an den Brandspuren ↑ gut zu verfolgen (EWZ 1960)

Die Lichtbogenschutzarmaturen sollen auch die Radiostörungen der Trag- und Abspannklemmen unterdrücken, indem sie das elektrostatische Feld ausgleichen. Zudem ist es möglich, durch richtige Anordnung besonders des am Leiter angeordneten Schutzringes die Absenkung der negativen Stossüberschlagspannung unter Regen weitgehend zu verhindern<sup>1)</sup>.

Diese drei wichtigen Aufgaben: Schutz der Isolatoren und der Seile bei Starkstromlichtbögen, Verhinderung von Radiostörungen und Verbesserung der Überschlagsverhältnisse rechtfertigen das Anbringen von Schutzarmaturen vollauf. Vielfach wurde bei Entwicklungsversuchen das Hauptgewicht auf optimale

Es wurden bei Versuchen<sup>2)</sup> Wanderungsgeschwindigkeiten von 100...300 m/s festgestellt. Durch Auswertung der Filmaufnahmen wurden bei den Versuchen der Porzellanfabrik Langenthal Wanderungsgeschwindigkeiten von 30 m/s gemessen. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass wegen der von Null auf den Maximalwert und wieder auf Null pulsierenden Stromstärke auch die Kraft auf den Lichtbogen variiert. Diese Kraft treibt den Lichtbogen ans Leiterende, wo er sich in die Verlängerung des letzten Leiterstückes einstellt. Durch entsprechende Ausbildung der Lichtbogenhörner ist es möglich, den Lichtbogen in einen

<sup>1)</sup> Porzellan und Elektrizität. Porzellanfabrik Langenthal AG, Langenthal 1906–1956. Langenthal: Merkur 1956.

<sup>2)</sup> Menke, H.: Über die Fortbewegung elektrischer Lichtbögen durch ferromagnetisch verstärkte Eigenfelder. ETZ-A Bd. 80(1959, Nr. 4, S. 112...117. (siehe S. 116).

bestimmten Raum zu leiten. Bei Stromstärken von einigen Tausend A brennt er zwischen zwei in 60 cm Abstand aufeinander zuweisenden Lichtbogenhörnern stabil (Fig. 2) wogegen bei einem Lichtbogen von 1 bis 2 m Länge (Fig. 3) die elektrodynamische Wirkung

von 4 kA. Beim Zuschalten des Generators verdampft der Kupferdraht innerhalb einer Hundertstelsekunde und es entsteht an seiner Stelle ein hochoberflächiges ionisiertes Plasma. Durch diesen leitenden Entladungspfad zündet der Hochstromlichtbogen und wird dann

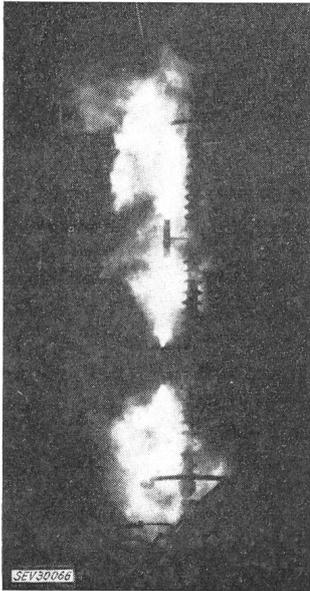


Fig. 2  
Lichtbogen zwischen aufeinander zuweisenden Hörnern 0,36 s nach der Zündung

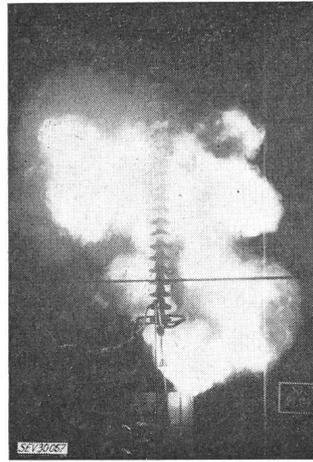


Fig. 3  
4000-A-Lichtbogen über eine 220-kV-Isolatorenkette 0,43 s nach der Zündung

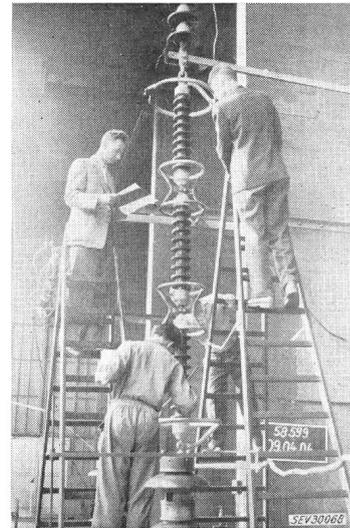


Fig. 4  
Versuchsanordnung einer 220-kV-Hängekette

auf die Lichtbogenmitte so klein ist, dass er sich frei entwickeln kann.

Die Versuche mit Leistungslichtbögen wurden wie folgt durchgeführt: Über die Isolatorketten in betriebsmäßiger Aufhängung mit einem Leiterstück unten und einer Traverse oben (Fig. 4) wurde ein 0,5 mm dicker

durch die elektro-dynamischen Kräfte und den thermischen Auftrieb fortbewegt. Nach 0,5 s wird der Strom abgeschaltet. Die dabei in Wärme umgesetzte elektrische Energie entspricht bei einem Strom von 4000 A 1600 kcal. Brennt der Lichtbogen zu nahe bei den Isolatoren — weniger als 30 cm (Fig. 2) — so treten starke Zerstörungen auf (Fig. 5).

Die Entwicklung und Ausbreitung des Lichtbogenkernes wurde mit einer Schnellkamera<sup>3)</sup> — 128 Bilder pro Sekunde — durch starken Rotfilter aufgenommen.

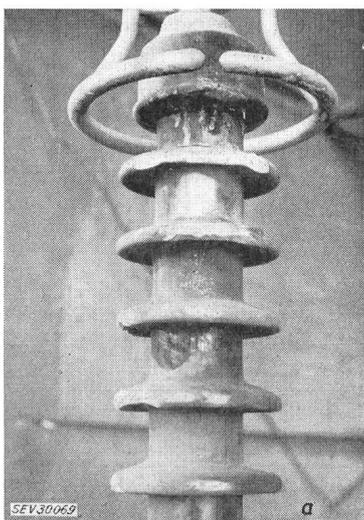


Fig. 5  
Zerstörungen an Isolatoren nach einem Lichtbogenüberschlag

In c wurde der Lichtbogen auf die Isolierkappe gezündet. Von dort ist er nicht auf das Horn übersprungen

Kupferdraht gespannt, um den Lichtbogen an ungünstigster Stelle für die Isolatoren einzuleiten. Der Prüfgenerator wird erregt für eine Lichtbogen-Spannung von 4 kV und eine maximale Stromstärke

Die heute verwendeten Lichtbogenarmaturen lassen sich in 3 Gruppen einteilen.

<sup>3)</sup> Die Kamera wurde in verdankenswerter Weise von Motor-Columbus AG in Baden zur Verfügung gestellt.

1. Schutzarmaturen ohne Richtwirkung auf den Lichtbogen, insbesondere geschlossene Ringe.

2. Offene Ringe mit Fortleitung des Lichtbogens an die Trennstelle.

3. Hörner, welche den Zündüberschlag an der gewünschten Stelle einleiten sollen.

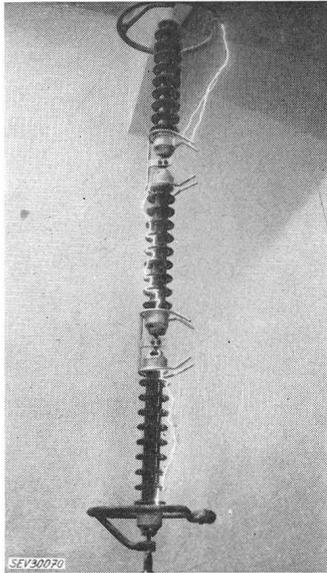


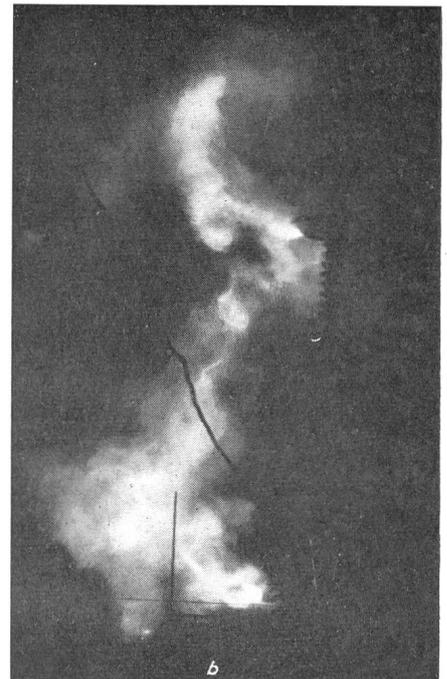
Fig. 6  
Hängeketten mit Gabelringarmaturen

Es wurden nur die Gruppen 2 und 3 untersucht und folgendes festgestellt:

Die offenen Ringarmaturen übernehmen den längs dem Isolator gezündeten Lichtbogen nur dann sicher, wenn ihr Abstand von der Zündstelle kleiner als 10 cm ist. Doch darf der Lichtbogen nicht zu nahe am Isolator brennen, die offene Stelle sollte also mindestens 30 cm vom Isolator entfernt sein. Das sind zwei Forderungen, die sich widersprechen. Man hat die gewünschte Wirkung durch ein in die Trennstelle des Ringes hineinragendes Lichtbogenhorn erhalten (EWZ).

Um den Zündüberschlag schon an der gewünschten Stelle einzuleiten, werden Hörner oder Zapfen angebracht, welche die Überschlagstrecke über die Isolatoren merklich verkürzen. Bei diesen Anordnungen

Fig. 7  
Lichtbogen 0,08 s (a) und 0,49 s nach der Zündung (b)



lässt sich aber ein vorzeitiges Sprühen nur schwer vermeiden (Radiostörung!) und die Versuche haben gezeigt, dass bei zu kleinem Abstand vom Isolator

dieser durch die Wärmewirkung des stabilen Lichtbogens gestört wird. Zündet der Lichtbogen längs dem Isolator, so brennt er dort weiter und wandert auf die Lichtbogenhörner (Fig. 2).

Die Versuche haben gezeigt, dass eine Schutzarmatur so beschaffen sein muss, dass sie den irgendwo gezündeten Lichtbogen möglichst rasch auffängt und an eine Stelle abbläst, die weit genug vom Isolator weg liegt. Der nachstehend beschriebene *Gabelring* (Fig 6) hat die Aufgabe zufriedenstellend erfüllt. Ein mit kleinem Abstand um den Kappenrand angeordneter Ring übernimmt den an der Isolatorkappe gezündeten Lichtbogen und leitet ihn auf die Hörner am offenen Ring. Diese Hörner sind so angeordnet, dass der Lichtbogen vom Isolator weggeblasen wird. Bei mehrgliedrigen Ketten weisen die Gabeln so aufeinander zu, dass die einzelnen Teillichtbögen bald zu einem einzigen Gesamt-Lichtbogen vereinigt werden (Fig. 7). Dieser Ablauf hat sich bei den Versuchen wiederholt beobachten lassen und weder an den Isolatoren noch an den Schutzarmaturen sind Verbrennungen festgestellt worden. An den aus dem elektrischen Feld abweisenden Hörnern treten bei Betriebsspannung auch keine Glimmerscheinungen auf.

Die Versuche mit stromstarken Lichtbögen haben mitgeholfen, die Schutzarmaturen für Freileitungsketten weiterzuentwickeln und die Autoren sind der MFO zu Dank verpflichtet, ihre Prüfanlagen zu diesem Zweck zur Verfügung gestellt zu haben.

Adressen der Autoren:

P. Wildi, Chef des Leitungsbaues des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, Beatenplatz 2, Postfach Zürich 23, und H. Kläy, Dr. sc. techn., Vizedirektor der Porzellanfabrik Langenthal AG, Langenthal (BE).