

Lichtbogenversuche mit verschiedenen Schutzarmaturen

Autor(en): **Kläy, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **54 (1963)**

Heft 24

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916539>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

AUGUSTIN JEAN FRESNEL

1788 — 1827



Larousse

Der französische Physiker Fresnel, Sohn eines Architekten, wurde am 10. Mai 1788 in Chambrais (jetzt heisst es Broglie) im Département Eure geboren. Seine Schulung genoss er an der Ecole Polytechnique in Paris und arbeitete bis 1814 in Vendée, in den Départements La Drôme und l'Ille et Vilaine bei der Verwaltung der Ponts et Chaussées als Ingenieur. Während der Restauration sympathisierte er mit den Bourbonen und kämpfte sogar, trotz seiner zarten Gesundheit, während den «Cent jours» gegen Kaiser Napoléon.

Erst nach dieser bewegten Zeit begann Fresnel auf Empfehlung Aragos mit Studien über Optik und das Licht. Er stellt zuerst eine Äther-Theorie auf. Später folgen theoretische und experimentelle Untersuchungen über das Licht. 1819 erlangt er mit einer Arbeit über die Beugung des Lichtes den Preis der Académie des Sciences. Er weist nach, dass zwei rechtwinklig zueinander polarisierte Wellen keine Interferenz zeigen und folgert daraus, dass Lichtquellen transversal seien. 1821 folgen Wellenlängenmessungen, dann Arbeiten über Brechung, Doppelbrechung, Beugung und zusammen mit Arago über polarisiertes Licht.

Sein Hauptverdienst besteht in der Aufstellung der Wellentheorie des Lichtes. Dabei ist es interessant, dass im Jahre 1821 auch der Däne Örsted die Vermutung aussprach, Licht sei eine elektromagnetische Erscheinung. Fresnel untermauerte diese Theorie aber mathematisch, was ihm 1823 die Mitgliedschaft der Académie eintrug.

Fresnel hat für seine Untersuchungen viele Apparaturen selber entwickelt. So erfand er den nach ihm benannten Doppelspiegel, ferner 1821 die «Zonenlinsen», die noch heute bei Leuchttürmen verwendet werden. Später erhielt er wieder eine Anstellung als Inspektor für Strassenbau und war Sekretär der Kommission für Leuchttürme.

Auf dem Sterbebett, in Ville d'Avray, überreichte ihm sein Freund und Mitarbeiter Arago die ihm von der Royal Society in London verliehene «Rumford-Medaille». Am 14. Juli 1827 schloss er seine Augen für immer. H. W.

Lichtbogenversuche mit verschiedenen Schutzarmaturen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 26. April 1963 in Bern

von H. Kläy, Langenthal

537.523.001.4 : 621.316.36

Die starke Vermaschung der Hochspannungsnetze hat zur Folge, dass heute die Kurzschlussleistung an einigen Stellen schon gegen 10 000 MVA beträgt und in wenigen Jahren, wenn die projektierten Leitungen erstellt sein werden, auf 20 000 MVA anwachsen [1]¹⁾. Damit sind Kurzschlußströme bis zu 50 kA zu erwarten. Zusammen mit der Georg Fischer AG, Schaffhausen, und einigen Elektrizitätswerken wurde untersucht, wie Schutzarmaturen ausgebildet sein müssen, um Isolatoren gegen Kurzschlußströme dieser Grösse wirksam zu schützen. Die Versuche wurden in den Kurzschlussanlagen der FKH (bis 1500 A), der MFO (bis 25 kA) und der KEMA (bis 40 kA) durchgeführt. Die Entwicklung des Lichtbogens wurde mit einer Schnellkamera mit 7000 Bildern pro Sekunde auf Farbfilm aufgenommen. Bei der Wiedergabe des Films mit 24 Bildern pro Sekunde wird eine Zeitdehnung von 300 erreicht, d. h. eine Halbperiode dauert 3 s. Die Entwicklung des Lichtbogens lässt sich damit gut verfolgen, und es konnten dabei neue Erkenntnisse gewonnen werden. Schon in früheren Arbeiten [2] wurden die auf einen freibrennenden Lichtbogen wirkenden Kräfte berechnet:

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

$$F = \frac{I_2}{a} 10^{-8} \text{ kg/cm}^2 \text{ (Biot-Savart)}$$

Bei $I = 10 \text{ kA}$ und $a = 1 \text{ cm}$ wird $F = 1 \text{ kg/cm}^2$

Bei einem *geschlossenen* Ring, wie er noch viel verwendet wird, fliesst der Strom von beiden Seiten auf den Lichtbogenfusspunkt zu und die resultierende Kraft ist sehr klein. Bei einem *offenen* Leiter wird der Lichtbogenstiel an das offene Ende «geblasen» und dort *stellt er sich in die Verlängerung des letzten Leiterstückes ein*. Die Kraft nimmt linear mit dem Abstand a ab, wirkt also merklich nur auf den Lichtbogenstiel und nimmt mit dem Quadrat der Stromstärke zu. Die elektrodynamische Blaswirkung ist für Ströme unter 1000 A gegenüber dem thermischen Auftrieb vernachlässigbar, wächst aber bei grösseren Stromstärken stark an. Es handelt sich hier um eine richtige Luftströmung von etwa 50 m/s. Das leitende Plasma wird durch die elektrodynamischen Kräfte weggetrieben (Ionenwind). Bei 14 kA kann ein Seitenwind von 8 m/s die elektrodynamische «Blaswirkung» kaum beeinflussen. Dieser Versuch ist im Film festgehalten. Die Kraft pulsiert mit I^2 , wirkt also besonders im Stromscheitelpunkt und ist Null beim Stromnulldurchgang. Im Film zeigt

321414-4116

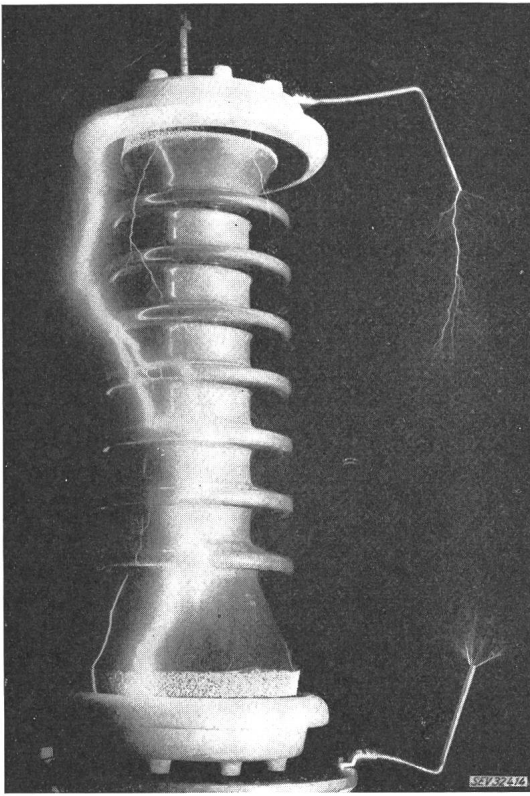


Fig. 1

Stossüberschlag über einen Stützisolator

Die 15 % enger eingestellte Funkenstrecke überschlägt nicht

sich dies in einem un stetigen Wandern der Lichtbogenfusspunkte. Die Wandergeschwindigkeit des Lichtbogens über die Armaturen beträgt in den Versuchen etwa 10 m/s.

Bei früheren Anordnungen hat man danach getrachtet, den zündenden ersten Überschlag an derjenigen Stelle zu er-

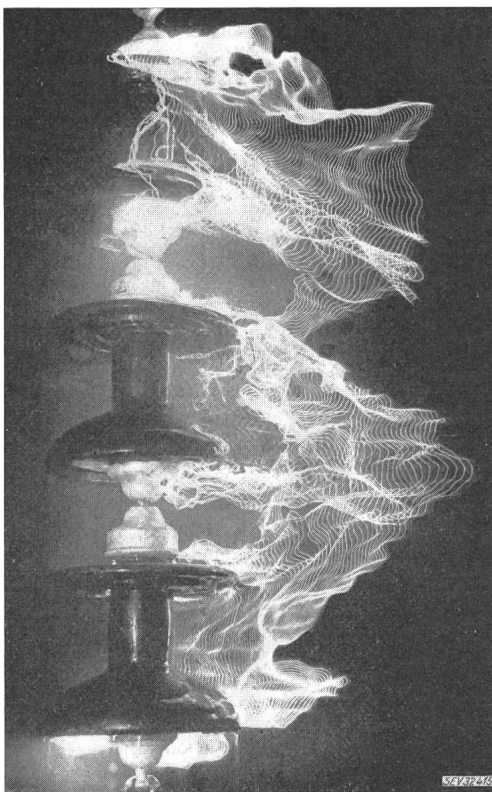
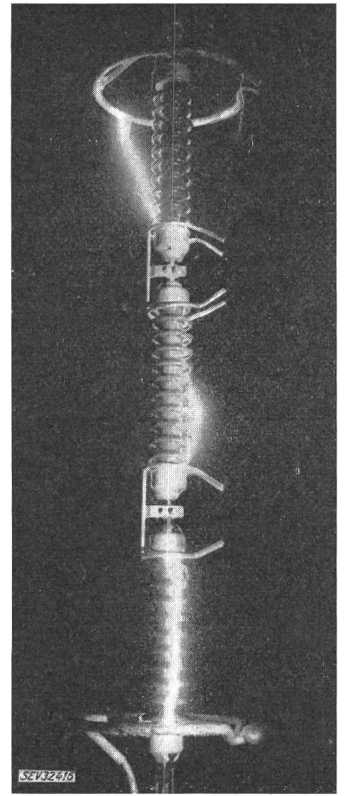


Fig. 2

Stromschwacher Lichtbogenüberschlag über eine Isolatorenkette

Der leitende Plasmaschlauch wird durch einen Seitenwind weggeblasen

Fig. 3
Stossüberschlag an einer Langstabelle mit Schutzarmaturen



halten, wo der Lichtbogen nachher brennen soll. Dies ist jedoch nicht möglich, wenn der Überschlag über die verschmutzte Isolatoroberfläche eingeleitet wurde, was in Industrie- oder Meeresgegenden meistens der Fall sein wird. Auch der Stossüberschlag erfolgt nicht immer an der engsten Stelle, besonders wenn eine sehr steile Stosselle auf die Anordnung trifft. Fig. 1 zeigt einen Stossüberschlag längs dem Isolator und nicht über die um 15 % kürzere Funkenstrecke. Es ist jedoch möglich, den Lichtbogen an die gewünschte Stelle zu lenken. Die durch den Lichtbogen entwickelte Wärmemenge berechnet sich zu

$$Q = I U t \cdot 10^{-3} \cdot 860 \text{ kcal} \quad (t \text{ in h})$$

und beträgt 2400 kcal bei $I=10\,000 \text{ A}$, $U=5\,000 \text{ V}$, $t=0,2 \text{ s}$. Die Lichtbogenumgebung wird dadurch so stark erhitzt, dass die Luft mit den erzeugten Metalldämpfen zu einem leitenden Plasma wird. Der Lichtbogen kann darin seinen Weg frei wählen und im Film sind manchmal 2 und mehr Parallele Strombahnen zu erkennen. Ein Lichtbogen geringer Stromstärke dagegen brennt in dem engen vorionisierten «Schlauch» der auf Fig. 2 durch einen Seitenwind weggeblasen wird. Beim Hochstromlichtbogen hat der ionisierte Pfad eine Weite von mehreren Zentimetern. Dadurch kann er leicht von einer Schutzelektrode eingefangen werden, insbesondere von der Isolatorenkappe auf den benachbarten Schutzring überspringen und durch die elektrodynamischen Kräfte an das offene Ende «geblasen» werden. In Fig. 3 ist eine der untersuchten Anordnungen an einer 3-gliedrigen Langstabelle gezeigt. Alle Schutzarmaturen, die den Lichtbogenstiel, welcher offenbar die grösste Hitze ausstrahlt, in der Nähe der Isolatoren festhielten, haben sich nicht bewährt. Die Isolatoren wurden teilweise beschädigt. Einzig die Schutzarmaturen, welche die Teillichtbögen zu einem Gesamtlichtbogen vereinigen und ihn von der Isolatorenkette weglenken, haben sich auch bei Lichtbogenstromstärken von 40 kA und einer Kurzschlussdauer über 0,5 s bewährt.

Literatur

- [1] Triimpy, E.: Anwachsen der Kurzschlussleistungen in den schweizerischen Netzen und Grenzleistungsprobleme. Bull. SEV 53(1962)8, S. 399...405.
- [2] Ziegler, H.: Neue Erkenntnisse über den Lichtbogenschutz von Freileitungsisolatoren. ETZ 62(1941)13, S. 325...330; 14, S. 345...351.

Adresse des Autors:

Dr. H. Kläy, Vizedirektor der Porzellanfabrik Langenthal AG, Langenthal (BE).