

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 54 (1963)

**Heft:** 24

**Artikel:** Lichtbogenversuche mit verschiedenen Schutzarmaturen

**Autor:** Kläy, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916539>

#### 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:** 22.02.2026

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

# AUGUSTIN JEAN FRESNEL

1788 — 1827



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 Départementen 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 Ørsted 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. Klüy, 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]<sup>1)</sup>. 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:

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

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 Stromscheitelwert und ist Null beim Stromnulldurchgang. Im Film zeigt

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

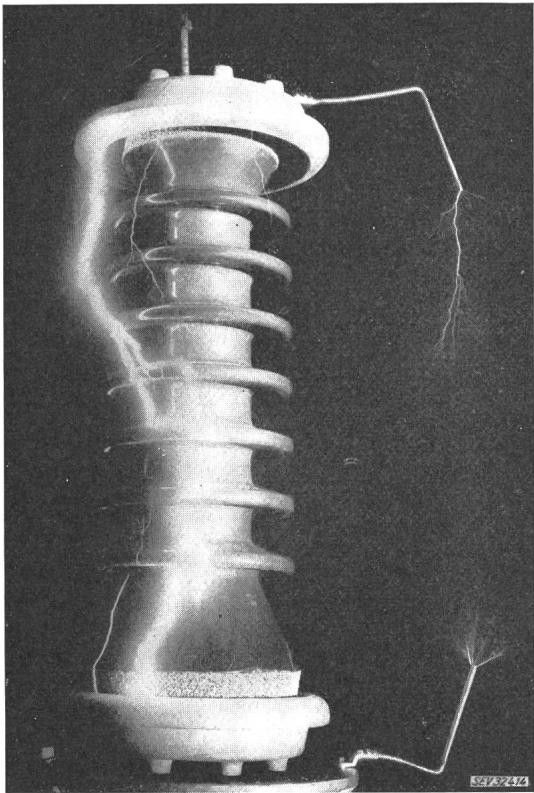


Fig. 1  
Stossüberschlag über einen Stützisolator  
Die 15 % enger eingestellte Funkenstrecke überschlägt nicht

sich dies in einem unstetigen 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-

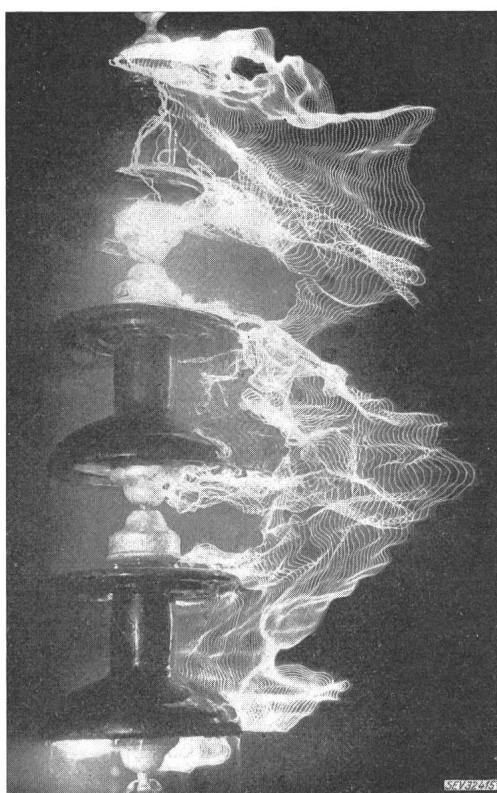
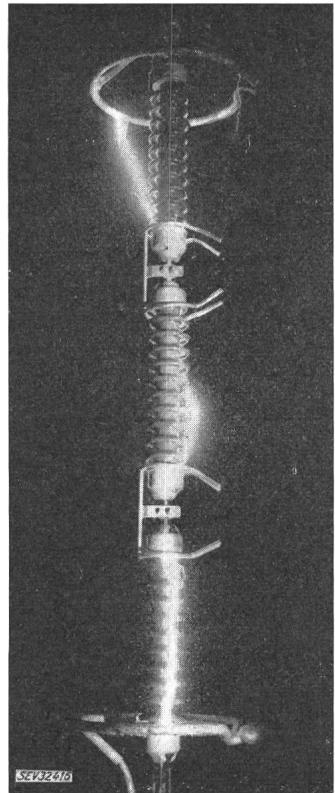


Fig. 2  
Stromschwacher Lichtbogenüberschlag über eine Isolatorenkette  
Der leitende Plasmaschlauch wird durch einen Seitenwind weggeblasen

Fig. 3  
Stossüberschlag an einer Langstabkette 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 Stosswelle 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

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

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, insbesonders 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 Langstabkette 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] Trümpy, 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).