

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

**Band:** 67 (1976)

**Heft:** 6

**Artikel:** Dimensionierung von Isoliertraversen

**Autor:** Staub, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915133>

### **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:** 06.10.2024

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

## 5. Betriebsverhalten

Über das Betriebsverhalten von IT ist bis heute wenig veröffentlicht oder bekanntgeworden. Die Topographie, das Klima und die witterungsbedingten Beanspruchungen dürften in Gebirgszonen eine Verwendung von IT zum Teil ausschliessen. Im Flachland und in Siedlungsräumen dagegen, wo schmale Leitungstrassees speziell erwünscht sind, kann von der mechanischen Belastung her der IT sicher kein Vorurteil entgegengebracht werden. Wenn nicht mit minimalen Dimensionierungen gearbeitet wird, dürfte auch die elektrische Betriebssicherheit kein Problem darstellen.

Für den Unterhalt an den IT sind die gleichen Überwachungen und Arbeiten notwendig wie bei den Trag- und Abspannketten der herkömmlichen Bauart. Es müssen eventuell einzelne Isolierelemente oder Armaturen ausgewechselt werden, wenn die Verschmutzungsprobleme dies erfordern oder wenn durch elektrische Überschläge starke Brandspuren verursacht wurden.

## Dimensionierung von Isoliertraversen

Von B. Staub

### 1. Allgemeines

Isoliertraversen (IT) sind ein Teil einer Freileitung oder einer elektrischen Anlage und müssen als solche mindestens den Anforderungen genügen, welche in nationalen oder internationalen Vorschriften umschrieben sind. In der Schweiz ist dies die Eidgenössische Starkstromverordnung [1]<sup>1)</sup>. Aufgrund dieser Verordnung muss eine IT einerseits den elektrischen Forderungen gemäss SEV-Publ. 4002 [2] genügen und andererseits bezüglich den mechanischen Werten der Verordnung selbst entsprechen.

Der Vorgang der Bestimmung der IT mit allen zu berücksichtigenden Elementen ist im Blockschema Fig. 1 dargestellt.

Nebenbei sei erwähnt, dass der Gesetzgeber nichts über die Farbe der Isolatoren aussagt. Die Isolatoren haben deshalb im Laufe der Zeit verschiedene Farben aufgewiesen (Fig. 2).

### 2. Elektrische Auslegung

Für die elektrische Auslegung sind die Spannungsprüfungen massgebend (Tabelle I). Die Stosshaltespannung bestimmt in den meisten Fällen die Länge von Isolieranordnungen. Dazu folgt aus der 50-Hz-Haltespannung (berechnet) die Schirmanzahl bzw. zusätzlich die Schirmform. In Fällen von stark verschmutzter Atmosphäre muss die Schirmanzahl erhöht oder eine Sonderschirmform gewählt werden. Dies ist in der Schweiz glücklicherweise immer noch die Ausnahme.

Die CEI-Publ. 433 [3] gibt für Langstabbketten einen linearen Zusammenhang zwischen Stichmass bzw. Schlagweite und Stosshaltespannung an (Fig. 3). Die Versuchsergebnisse zeigen, dass bei IT, wie übrigens auch bei V-Ketten, ein ähnlicher Zusammenhang besteht (Fig. 4); die Werte liegen jedoch merklich tiefer als bei klassischen Langstabbketten. Fig. 5 zeigt eine IT 245 kV bei der Spannungsprüfung.

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

Störungen an Leitungen mit Isoliertraversen können ihre Ursache im Bruch eines Isolators oder einer Armatur, bedingt durch übermässige Beanspruchung, haben. Wie bei der elektrischen Dimensionierung sind auch für die mechanische Bemessung diejenigen Sicherheitsfaktoren anzuwenden, die für Porzellan- oder Kunststoffwerkstoffe üblich sind. Störungen durch direkte äussere Einwirkungen sind an Isoliertraversen wie auch an Trag- und Abspannketten gleichermaßen möglich.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bei richtiger Dimensionierung und bei Beachtung der kritischen Punkte beim Aufbau und bei der Anordnung ein sicherer Leitungsbau mit IT gewährleistet ist.

### Adresse des Autors

Bruno Krumm, Chef der Abt. Übertragungsleitungen, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, 8001 Zürich.

621.315.1 : 621.315.62

Die 50-Hz-Haltespannung, berechnet, bietet keine besonderen Probleme, besteht doch erfahrungsgemäss ein mit dem DIN-Normalschirm [4] ausgeführter Langstab diese Prüfung ohne Schwierigkeit. Dabei genügt bereits ein Verhältnis von Schirmausladung  $a$  zu Schirmabstand  $t$  von ca. 0,5. Soll mehr Reserve bezüglich Verschmutzung vorgesehen werden, so kann dies durch Erhöhung der Schirmzahl bei gleichbleibender Ausladung geschehen, bis das erwähnte Verhältnis 1,1 wird. Langzeitversuche haben gezeigt, dass damit das Optimum erreicht ist. Noch besser bezüglich Verschmutzung verhalten sich gewisse Sonderschirme.

Bezüglich der Dimensionierung der Druckstrebe wird man eine Koordinierung in dem Sinne durchführen, dass diese elektrisch stärker ist als die Zugkette. Dadurch wird verhindert, dass Lichtbogen an der Druckstrebe entstehen und beim Aufsteigen noch von den Schutzarmaturen der Zugkette übernommen werden müssen. Trotzdem ist selbstverständlich durch Zündung des Hochstromlichtbogens auf der Unterseite der Druckstrebe im Versuch nachzuweisen, dass auch solche Fälle zu keiner Beschädigung der Isolatoren führen.

### 3. Mechanische Auslegung

Die bestimmende Grösse für die mechanische Dimensionierung der Zugkette ist die Resultierende der Seilkräfte nach Betrag und Richtung. Diese Kraft hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter auch von der Zusatzlast und einem eventuellen Leitungswinkel in horizontaler oder verti-

Prüfspannungen nach SEV in kV

Tabelle I

Max. Betriebsspannung	Stosshaltespannung	50-Hz-Haltespannung, berechnet
123	550/450	230
245	1050/900	460/395
420	-/1425	-/630

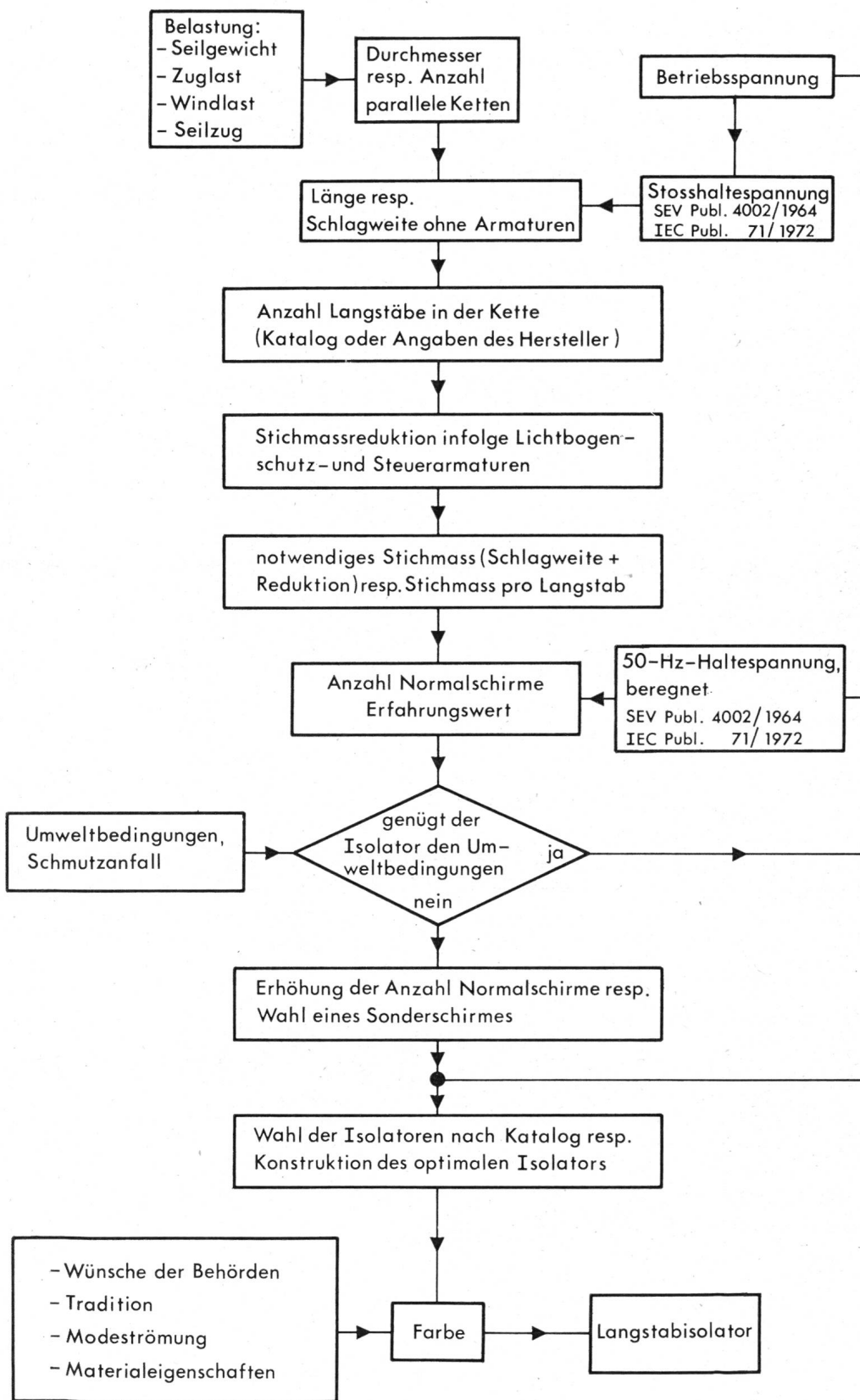


Fig. 1  
Blockschema zur Bestimmung  
optimaler Langstabisolatoren

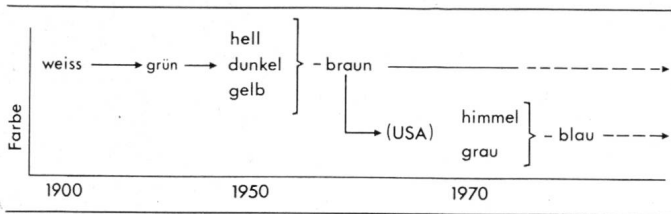


Fig. 2 Farbe der Isolatoren im Laufe der Zeit

Fig. 3  
Langstabisolator  
a Schirmausladung  
t Schirmabstand  
l Schlagweite  
s Stichmass

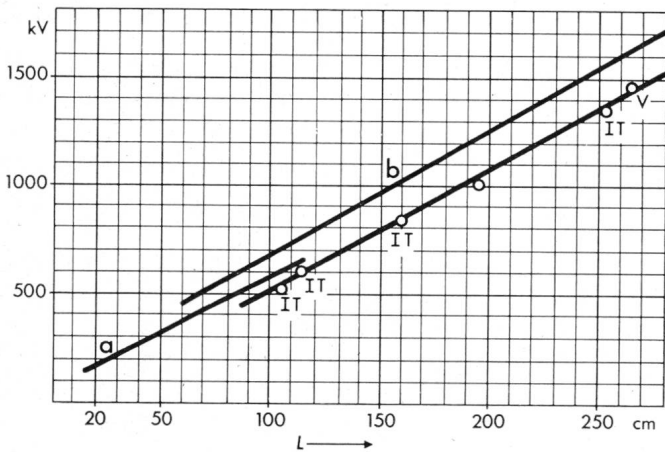
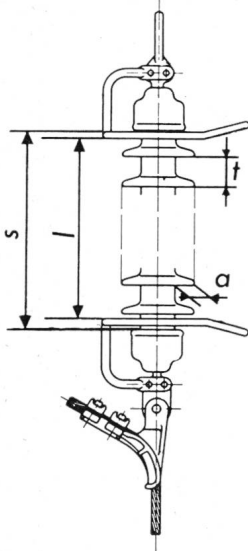


Fig. 4 Stosshaltespannung (positiv) von Isolatorenketten, Isoliertraversen (IT) und V-Ketten in Funktion der Schlagweite  $L$ . Die Kurven (a) einteilige Ketten und (b) mehrteilige Ketten sind der CEI-Publ. 433 (1973) entnommen.

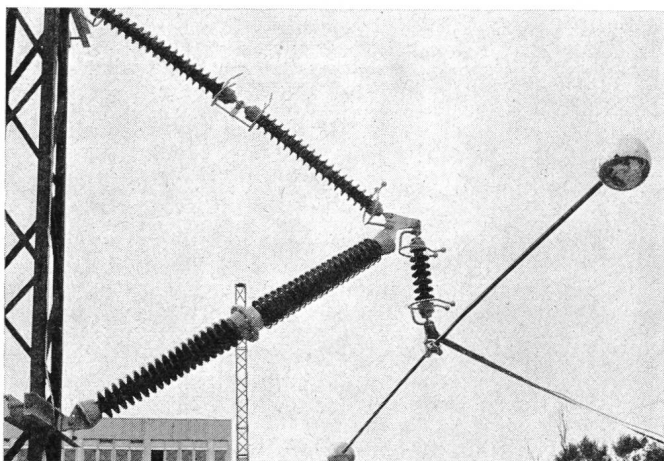


Fig. 5 Versuchsausführung einer Isoliertraverse mit Pendelstütze für 245 kV; oben Zugkette, unten Druckstrebe

kaler Ebene. Die Resultierende der Seilkräfte wird von der IT aufgenommen. Die Reaktionskräfte in der IT werden durch die räumliche Lage von Zugkette und Druckstrebe gegeneinander sowie zur Resultierenden der Seilkräfte bestimmt.

Für ungefähr horizontale Druckstreben und einen Öffnungswinkel zwischen Zugkette und Druckstrebe von ca.  $45^\circ$  gibt Tabelle II die zulässige vertikale Belastung der IT an.

Zulässige vertikale Belastung von IT als Funktion der Stückprüfkraft der verwendeten Langstabisolatoren der Zugkette ( $t$ )

Tabelle II

Stückprüfkraft	Zulässige vertikale Belastung der Isoliertraverse	
	Einfachkette	Doppelkette
8	5,5	11
12	8,5	17
16	11	22

Die Druckstrebe wird durch verschiedene Kräfte beansprucht, insbesondere durch die Seilkräfte, das Eigengewicht und das sog. Montagegewicht. Das letztere entsteht durch das Begehen der Druckstrebe bei der Montage.

Die Stabkraft, welche auf die Belastung durch die Seilkräfte zurückzuführen ist, beansprucht die Druckstrebe auf Biegung, da davon ausgegangen werden muss, dass die Druckstrebe nicht vollkommen gerade ist. Die zulässige Durchbiegung der Längsachse von Stützisolatoren beträgt üblicherweise max. 0,8 % der Länge. Bei einer Druckstrebe von 3 m Länge und 25 000 kp Stabkraft führt dies zu einem Biegemoment von ca. 600 mkp. Dieses Biegemoment tritt längs der ganzen Druckstrebe auf.

Das Eigengewicht beansprucht die Druckstrebe mit einem Biegemoment von parabolischem Verlauf. Das Maximum tritt in der Mitte auf und beträgt bei einer 150 kg schweren Druckstrebe ca. 50 mkp (im oben erwähnten Beispiel). Berücksichtigt man das Montagegewicht mit 200 kg, so ergibt sich in der Mitte der Druckstrebe ein Moment von ca. 150 mkp.

Die Beanspruchungen durch Montagelast und Eigengewicht überlagern sich in jedem Falle, diejenige durch die

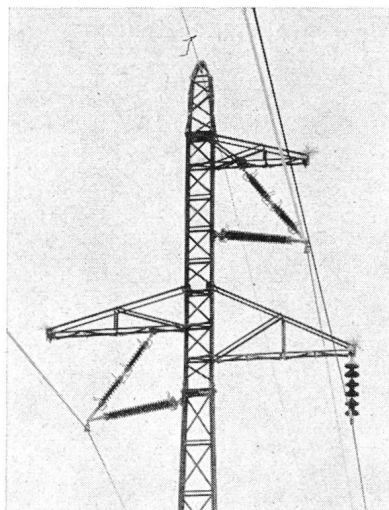


Fig. 6  
Mast mit 2 Isoliertraversen 130 kV. Leitung Montcherand-Pontarlier (EOS/EdF). Standort 1400 m ü. M.

Achskrümmung im ungünstigsten Falle ebenfalls. Dies ergibt eine Momentenfläche der Druckstreben von ca. 600 mkp an den Enden und ca. 800 mkp in der Mitte. Demgegenüber treten die Beanspruchungen durch andere Kräfte [5; 6] zurück. Die erwähnte Momentenfläche bildet die Grundlage zur Dimensionierung der Druckstrebe.

Fig. 6 zeigt einen Mast mit 2 IT für 132 kV. Es handelt sich um eine Ausführung für einen Langzeitversuch, welche nach den vorstehend erwähnten Überlegungen dimensioniert wurde. Als Versuchsort wurde eine Stelle mit sehr strengen klimatischen Bedingungen gewählt (hohe Windgeschwindigkeiten, hohe Eislasten im Winter).

## Literatur

- [1] Verordnung des Schweizerischen Bundesrates über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt von elektrischen Starkstromanlagen. In: Sammlung der bundesrechtlichen Vorschriften über elektrische Anlagen. Herausgegeben vom Eidgenössischen Amt für Energiewirtschaft. 11. Auflage. Bern, Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 1973.
- [2] Leitsätze für die Koordination, Bemessung und Prüfung der Isolation von Hochspannungsfreileitungen. Publikation des SEV Nr. 4002 (1961/1964).
- [3] Caractéristiques des éléments de chaînes d'isolateurs du typ fût long. Publication de la CEI N° 433(1973).
- [4] Schirme für Konstruktionsporzellan. DIN-Blatt Nr. 48 115.
- [5] M. Beck: Theoretische Überlegungen zum dynamischen Verhalten von Isoliertraversen. Bull. SEV/VSE 67(1976)6, S. 284...287.
- [6] T. Muntwiler, F. Mahnig und E. Müller: Versuche über das Verhalten bei Lastabwurf und Seilbruch. Bull. SEV/VSE 67(1976)6, S. 287...289.

## Adresse des Autors

Bernhard Staub, dipl. Ing. ETHZ, Porzellanfabrik Langenthal, 4900 Langenthal.

## Lichtbogenschutz an Isoliertraversen

Von F. Messerli

### 1. Bedeutung des Lichtbogenschutzes

Damit eine möglichst störungsfreie Energieübertragung über Freileitungen gewährleistet werden kann, ist es unerlässlich, dass die Isolatoren, Armaturen und Leiterseile im Bereich der Trag- und Abspannmaste durch geeignete, sog. Lichtbogen-Schutzarmaturen vor Hochstromlichtbogenüberschlägen – ausgelöst durch Blitzschläge, Schaltüberspannungen, Verschmutzung der Isolatoren, usw. – geschützt werden. Wie beim konventionellen Leitungsbausystem, so musste deshalb auch beim neuen System mit IT geprüft werden, mit welchen Lichtbogen-Schutzarmaturen ein optimaler Schutz gegen die sehr hohen thermischen Ab- bzw. Rückstrahlungen im Bereich der sehr heissen Lichtbogenfusspunkte, die zu Isolatorenoberflächenschäden und sogar Isolatorenbrüchen führen können, erreicht wird.

Als vor bald 20 Jahren in der Schweiz erstmals eine schnellaufende Filmkamera (bis 7000 Bilder/s) zur Aufnahme der Lichtbogen mit einer effektiven Brenndauer von nur 0,2 s eingesetzt wurde, war es endlich möglich, die pul-

621.315.62 : 621.316.91

sierenden Teillichtbogen eines Lichtbogenüberschlages und deren Verhalten genau zu beobachten. Auf Grund der Auswertung mehrerer hundert solcher Aufnahmen, die bei Versuchen mit verschiedenen Kettenkombinationen, Isolatortypen und Lichtbogen-Schutzarmaturen bei Stromstärken von 1,4 kA...40 kA gemacht wurden, kristallisierten sich diejenigen Schutzarmaturen heraus, die einen optimalen Schutz der Isolatorenketten gewährleisten, gleichzeitig aber eine rationelle Fertigung ermöglichen und zu vertretbaren wirtschaftlichen Konditionen geliefert werden können (Fig. 1).

In der Zwischenzeit hat die Betriebserfahrung mit mehreren hunderttausend in Freileitungen und Schaltanlagen eingebauten Lichtbogen-Schutzarmaturen die vorzügliche Schutzwirkung bestätigt. Wichtig für die richtige Wahl der Schutzringe (aus Vollmaterial, Rohren oder Profilen) ist, dass diese folgende Anforderungen erfüllen:

- Der Materialquerschnitt muss den maximal auftretenden Kurzschlußströmen entsprechen. Man rechnet bei nicht zugbelasteten Armaturenteilen mit einer Strombelastbarkeit von 90 As/mm<sup>2</sup> Materialquerschnitt. Für zugbelastete Kettenarmaturen aus Stahl ist nach VDE eine maximale Strombelastbarkeit von 70 As/mm<sup>2</sup> Materialquerschnitt zulässig.
- Die Schutzringdimension ist so zu wählen, dass der Schutzring selbst bei der maximalen Betriebsspannung (+ 10 %) nicht glimmt.
- Die Schutzringdimension ist ferner so zu wählen, dass die Kettenarmaturen gegen Glimmeinsatz abgeschirmt werden. Speziell bei Höchstspannungsleitungen ist der Glimmfreiheit der Kettenarmaturen grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

### 2. Hochstromlichtbogenversuche

Die in der Versuchsstation der Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen (FKH) durchgeführten Lichtbogenüberschlagsversuche sollten Aufschluss darüber geben, welche Lichtbogen-Schutzarmaturen sich am besten eignen, wo sie einzubauen sind, und in welcher Richtung die Schutzhörner stehen müssen. Bekannt war, dass bei horizontal liegenden oder leicht geneigten Armaturenketten ein gezündeter Lichtbogen allein schon durch den thermi-

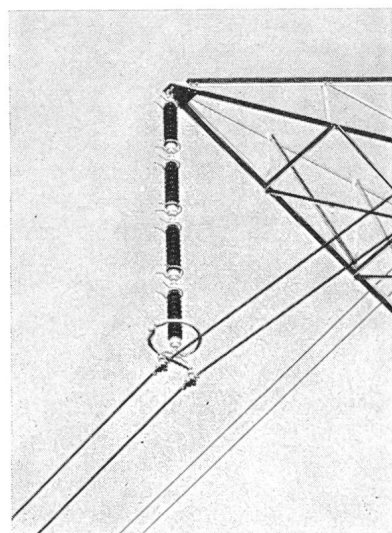


Fig. 1  
380-kV-Bündelleiter mit klassischen Langstabisolatoren und Lichtbogen-Schutzarmaturen