

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 39 (1948)
Heft: 12

Artikel: Die Entwicklung der Freileitungsisolatoren
Autor: Kläy, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057954>

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: 25.12.2024

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

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

Die Entwicklung der Freileitungsisolatoren

Vortrag, gehalten an der Isolationstagung des SEV vom 24. April 1947 in Zürich,
von H. Kläy, Langenthal

621.315.622

Die Hochspannungs-Freileitungsisolatoren haben sich aus dem Telegraphenisolator entwickelt und dabei die typischen Schirme beibehalten. An Hand von Beispielen aus dem Freileitungsbetrieb wird gezeigt, dass diese Schirme die ihnen zugedachte Rolle nur teilweise erfüllen und dass auch ein vollständig benetzter Isolator die notwendige Regenüberschlagspannung hat. Diese Feststellung führt dann zu der neuartigen Form des «Zapfenisolators».

Les isolateurs des lignes aériennes à haute tension sont issus du type employé pour les lignes télégraphiques en gardant les cloches typiques. La valeur discutable de ces cloches est mise en évidence à l'aide d'exemples tirés de la pratique. Un isolateur mouillé sur toute la surface est à même de tenir la tension d'essai. Cette constatation permet de construire des isolateurs de conception nouvelle.

Mit den folgenden Ausführungen soll untersucht werden, inwieweit die Schirme der Isolatoren Berechtigung haben.

Wenn heute ein 50-kV-Freileitungsisolator zu konstruieren wäre, ohne Kenntnis der bisherigen Formen, er würde bestimmt ganz anders ausfallen.

Beim Verfolgen der Entwicklungsgeschichte der Glockenisolatoren werden wir sehen, wie die Schirme entstanden sind, und können dann ihre Wirkung beurteilen.

Vor etwa hundert Jahren wurde der Telegraphenisolator geschaffen. Der lange, geschützte Kriechweg sollte die Ableitung klein halten, um

Als dann aber um die Jahrhundertwende Uebertragungsspannungen von einigen tausend Volt nötig wurden, musste die Isolatorenform geändert werden, damit auch unter Regen eine genügende Ueberschlagspannung gesichert war. Diese neue Aufgabe hätte damals durch eine neue Isolatoren-Konstruktion gelöst werden sollen. Statt dessen wurde der Telegraphenisolator durch Vergrössern und Erweitern der Schirme soweit verändert, dass die verlangte Ueberschlagspannung wieder erreicht wurde. Und nach diesem Rezept wurde für jede höhere Spannung wieder ein etwas grösserer Isolator geschaffen, bis man heute bei den 60-kV-Weitschirmtypen (23 kg Gewicht) wohl an der Grenze angelangt ist (Fig. 1).

Die grösseren Typen müssen sogar mehrteilig hergestellt und zusammenges kittet werden.

In Tabelle I sind ausser der Beziehung Ueberschlagspannung/Gewicht die Fadenlänge, d. i. der kürzeste Ueberschlagsweg, die Ueberschlagspannung pro cm Fadenlänge und der Ableitwiderstand angegeben. Dieser ist nicht ohne weiteres aus dem Kriechweg zu bestimmen, da die Breite des Kriechweges ausserdem massgebend ist. Weit ausladende Schirme haben einen entsprechend breiteren Kriechweg und vergrössern den Ableitwiderstand nicht wesentlich.

Der Ableitwiderstand berechnet sich zu

$$R = \rho \int \frac{ds}{2\pi r} = \frac{\rho}{2\pi} \sum_A^R \frac{\Delta s}{r} = \frac{\rho}{2\pi} \cdot F$$

Charakteristik von Isolatoren

Tabelle I

Isolatortyp	Ueberschlag-spg. nass kV	Gewicht kg	Ueberschlag-spg./Gewicht kV/kg	Fadenlänge cm	kV/cm	Formfaktor F
Telegraph	22	0,5	44	9,5	2,3	6,4
10 kV Beznau	57	2,2	25,9	18	3,15	6,6
30 kV Delta	110	8,2	13,4	35	3,14	10,5
45 kV Weitschirm	140	15	9,3	40	3,45	9,8
60 kV Weitschirm	160	23	7	50	3,2	16,9
45 kV Zapfen	130	9,3	14	34	3,8	15,2

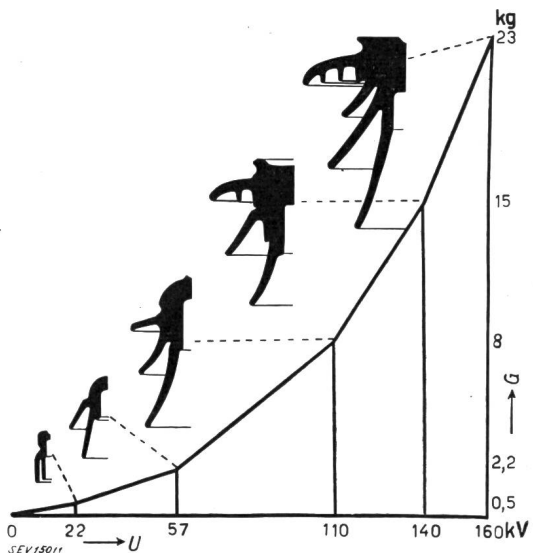


Fig. 1
Entwicklung des Glockenisolatoren
Zunahme des Gewichtes (G)
mit der Regenüberschlagspannung (U)

die schwachen Telegraphieströme möglichst weit übertragen zu können. Diese Aufgabe hat der Isolator gut erfüllt, und wir würden ihn auch heute nicht anders entwerfen. Er konnte später auch für die Niederspannungskraftübertragung genügen.

Unter Voraussetzung eines gleichmässigen Oberflächenbelages (Tau, Staub) ist der Widerstand also proportional dem Formfaktor F , der in der Tabelle angegeben ist.

Vor 20 Jahren konnte der VDE an eine Normung der Deltaisolatoren gehen, und *Weicker* schrieb bei dieser Gelegenheit¹⁾: «Jedenfalls dürften hinsichtlich der äusseren Form von Hochspannungstützen-

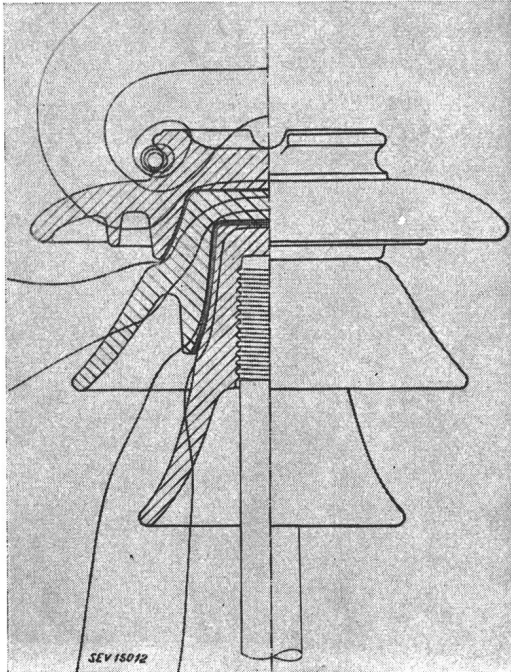


Fig. 2
Feldverteilung

Die Spannungsdifferenz zwischen den Aequipotentiallinien ist konstant und betrage von Linie zu Linie 5 kV. Die starke Zusammendrängung in der Nähe des Leiters bedeutet hohe Feldstärke

dem unter 45° einfallenden Regen schützen. Weiter achtete man darauf, dass dadurch, dass die Stütze in die Bundrille hinaufgrate, das Porzellan nur auf Druck beansprucht wurde. Allerdings ist die Form des Isolators dem elektrischen Felde seiner Elektroden schlecht angepasst, weil in erster Linie die beiden vorher erwähnten Bedingungen erfüllt werden mussten (Fig. 2). Die starke Feldkonzentration in der Nähe des Leiters verursacht Radiostörungen.

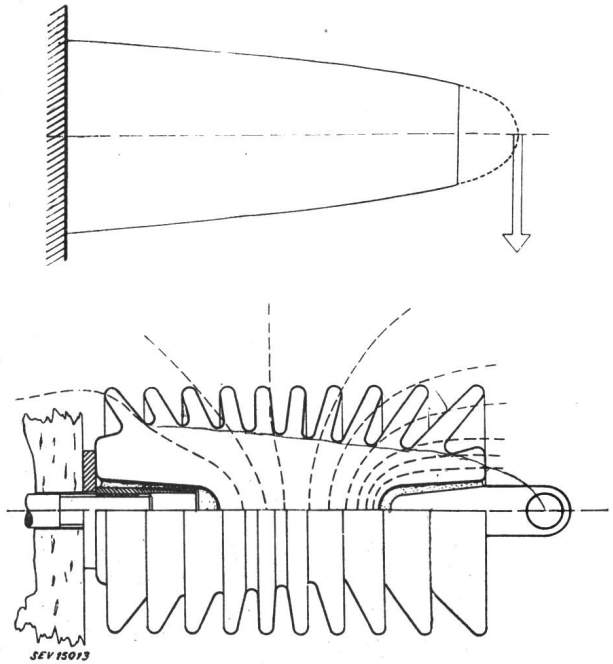
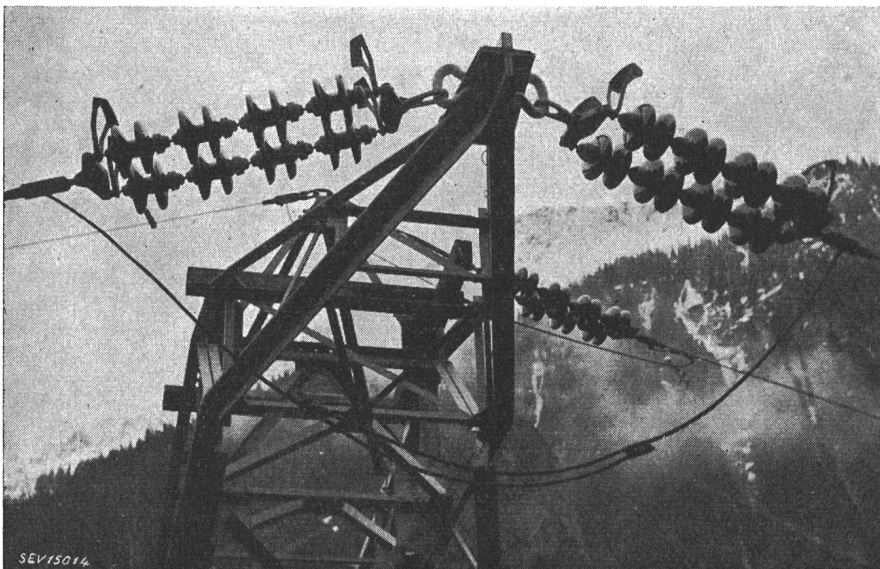


Fig. 3
Freiluft-Stützisolator (Zapfenisolator)
Oben: Form mit gleichmässiger Biegebeanspruchung
Unten: Stützer mit eingezogenen Elektroden und Schirmen senkrecht zu den Kraftlinien



Versuchen wir nun unter Ausnutzung der Werkstoffeigenschaften des Porzellans und unbeeinflusst durch die bisherigen Formen einen Freileitungsisolator zu konstruieren!

Die Leitung soll durch eine Stütze getragen werden, die bei parabelförmigem Längsschnitt gleichmässig auf Biegung beansprucht wird (Fig. 3). Zur Erhöhung der Überschlagnspannung unter

Fig. 4
Abspannmast der Gotthardleitung
Die horizontalen Ketten werden auf der ganzen Oberfläche vom Regen benetzt

isolatoren in Zukunft kaum noch grundlegende Änderungen zu erwarten sein!»

Die Schirme der Isolatoren sind so angeordnet, dass sie möglichst viele Stellen der Oberfläche vor

Regen wird der Kriechweg durch Schirme verlängert, die am wirksamsten in Niveaulflächen, also senkrecht zu den Kraftlinien stehen; allerdings kann der Regen so die ganze Isolatoroberfläche benetzen. Damit stehen wir im Widerspruch zu der

¹⁾ Jahrbuch VDE 1927.

bisherigen Auffassung, dass nur die geschützten Stellen isolieren. Obschon im Prüffeld die verlangte Regenüberschlagsspannung nachgewiesen werden kann, werden einige Bilder aus dem Betrieb von Freileitungen, wobei gezwungenermassen die alten Regeln verletzt werden mussten, das Misstrauen am besten zu beseitigen helfen.

Fig. 4 zeigt einen Abspannmast der Gotthardleitung. Die Isolatorketten liegen hier horizontal und die Schirme können ihre Rolle als Regendächer nicht erfüllen, und doch treten deswegen keine Störungen auf, denn die Ueberschlagsspannung der Kette in dieser Lage ist sogar noch höher.

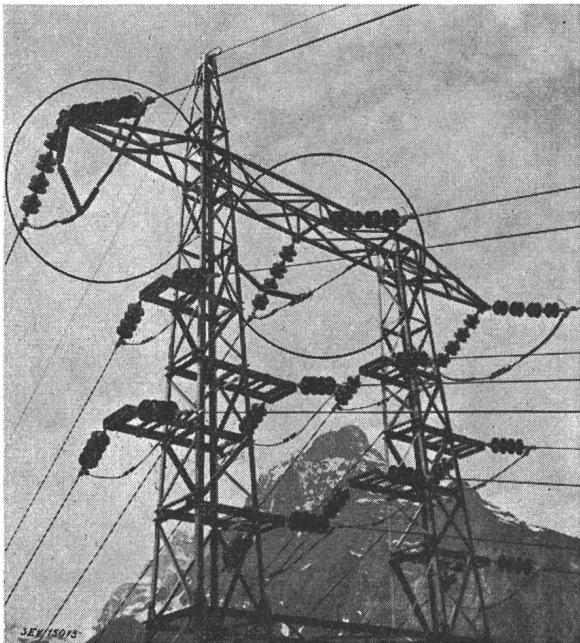


Fig. 5

150-kV-Leitung der SBB

Abstützungen durch einfache Knüppelisolatoren parallel zu den grossen Ketten (im Kreis)

Fig. 5 zeigt an einem Mast der SBB-150-kV-Leitung, wie die Schlaufen durch Knüppelisolatoren gegen den Mast abgestützt werden mussten. Diese einfachen Rillenisolatoren haben offenbar gleich hohe Ueberschlagsspannung wie die grossen Ketten.

Bekannt sind ferner die Stabisolatoren der Bahnfahrleitungen (Fig. 6), deren Rippen nicht mehr als Regendächer bezeichnet werden können, und die trotzdem in allen Stellungen mit der älteren Doppelisolation konkurrieren können. Es zeigt sich sogar noch das überraschende Ergebnis, dass diese Knüppel in horizontaler Lage etwa 20% höhere Ueberschlagsspannung unter Regen aufweisen, als vertikal, wo die Schirme doch noch einen gewissen Schutz bieten sollten.

Das gute Resultat des Zapfenisolators (Fig. 3) — so benannt wegen seiner Ähnlichkeit mit einem Tannenzapfen — ist darauf zurückzuführen, dass der Regen von jedem Schirm senkrecht zum elektrischen Feld abtropft, während er bei Isolatoren in vertikaler Aufstellung zusammenhängende Wasserfäden

in Richtung des Ueberschlagsweges bilden und damit einen Teil desselben kurzschliessen kann.

Neu ist auch, dass das Porzellan des Freileitungsisolators auf Biegung beansprucht ist. Für den Innenraumstützer, der bei Kurzschluss Kräfte bis

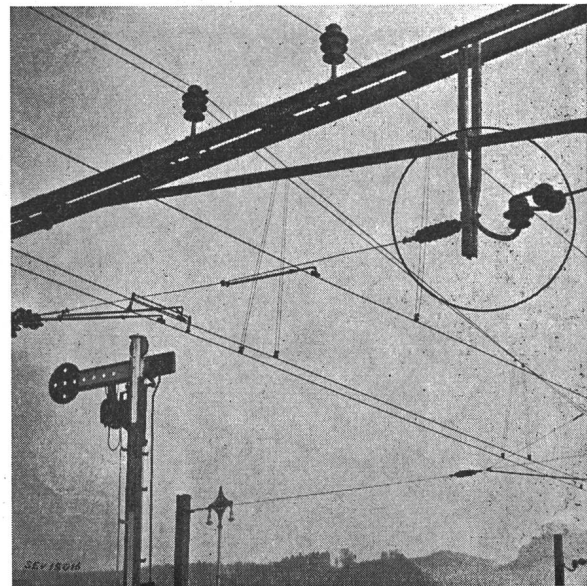


Fig. 6

15-kV-Fahrdrahtisolation der SBB

Im Kreis: links Stabisolator, rechts Doppelisolation

1000 kg aufnehmen soll, findet man das allerdings ganz in Ordnung. Bei der Herstellung der Motorisolatoren hat man gelernt, das Porzellan so zu behandeln, dass auch für Zug und Biegung die Festigkeitswerte des Gusseisens erreicht worden sind.

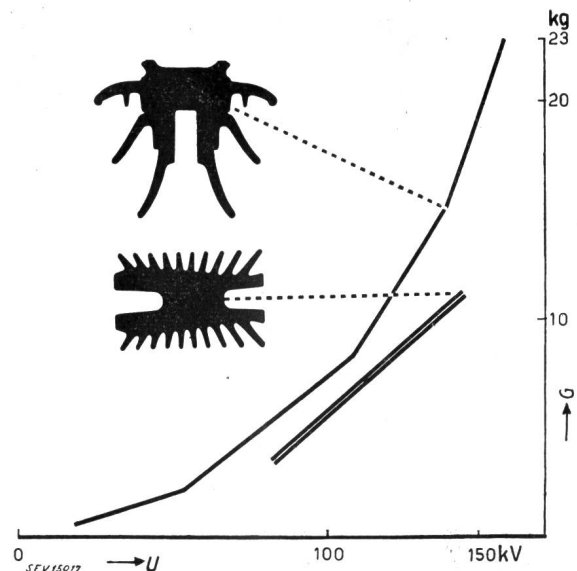


Fig. 7

Vergleich des Gewichtes (G) eines Glockenisolators und eines Zapfenisolators in Funktion der Regenüberschlagsspannung (U)

Die Stützerform bringt dafür eine merkliche Zunahme der Durchschlagfestigkeit, was gerade für Freileitungsisolatoren bei Stossbeanspruchung wichtig ist.

Das Ungewohnte dieser neuen Konstruktion ist damit auf Bekanntes zurückgeführt. Die erzielte Gewichtseinsparung ist im Vergleich zu den Glockenisolatoren bemerkenswert (Fig. 7), wichtiger

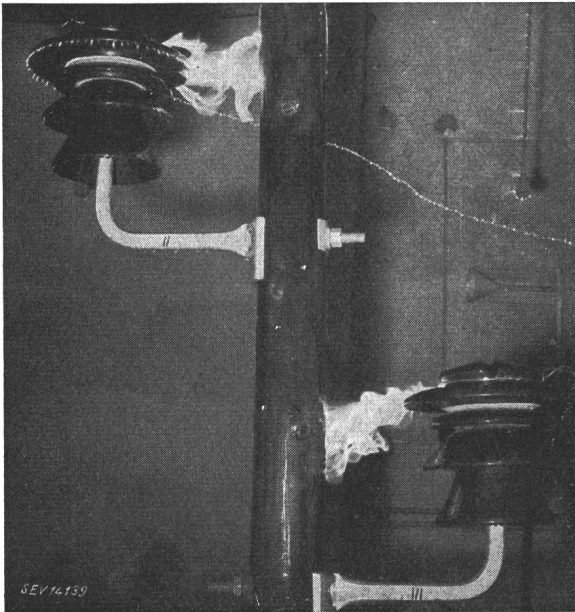


Fig. 8
Überschlag unter Regen, 155 kV (Polleiter-Polleiter)
Überschlag Leiter-Mast unter Regen 87 kV

jedoch ist der geradlinige Verlauf der Kurve, woraus geschlossen werden darf, dass die Reihe mit dem 60-kV-Typ nicht abgeschlossen ist.

Vor allem aber bringt die einfache Anordnung am Mast Vorteile. Die direkte Befestigung erspart



Fig. 9
50%-Stossüberschlag, - 390 kV (kleinster Wert)

die Metallstütze. Diese Stütze der Glockenisolatoren muss genügende Ausladung aufweisen, damit der Überschlag unter Regen nicht schon bei tieferer

Spannung direkt auf den Mast erfolgt (Fig. 8). Die Stütze begrenzt aber auch die Belastung des Gebildes, da sie sich bei etwa 400 kg durchbiegt.

Der Stossüberschlag Polleiter-Polleiter erfolgt zum Teil über die Stützen (Fig. 9), während beim Zapfenisolator die maximale Stossüberschlagspannung von Leiter zu Leiter (Fig. 10) erreicht werden kann (bei Glockenisolatoren etwa 65 % davon).

Diese Ausführungen sollen nicht das Vertrauen in den alten Glockenisolator schwächen, jedoch die falsche Vorstellung in die Schutzwirkung der Regendächer korrigieren, und damit den Weg für neue Konstruktionen bereiten.

Der erzielte Vorteil rechtfertigt diese Anstrengung.

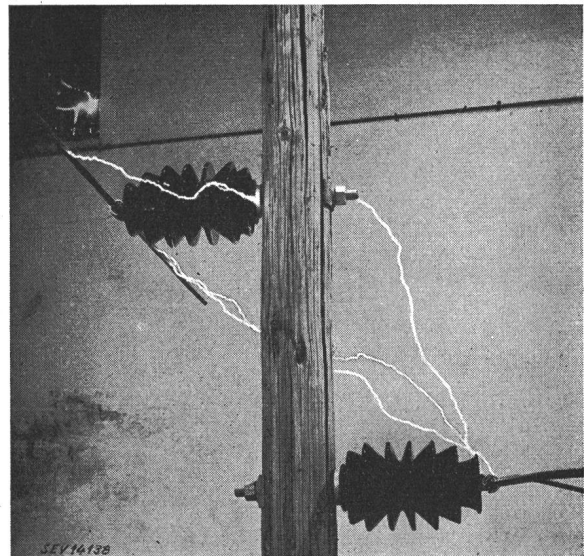


Fig. 10
50%-Stossüberschlag, + 605 kV (kleinster Wert)

Damit ist wohl auch die eingangs gemachte Behauptung belegt, dass nach den heutigen Erkenntnissen ein Freileitungsisolator anders gebaut werden sollte.

Adresse des Autors:

Dr. H. Kläy, Porzellanfabrik Langenthal, Langenthal (BE).

Diskussion

O. Naef, Oberingenieur der Maschinenfabrik Örlikon: Ich gestatte mir, an das Referat von Herrn Dr. Kläy anzuknüpfen. Herr Dr. Kläy hat unter anderem gezeigt, wie man bei Freileitungsisolatoren die Feldverteilung und damit die Höhe der Überschlagspannung durch vorgeschobene Innenelektroden verbessern kann. Es ist vielleicht nicht allgemein bekannt, dass verschiedene Firmen die vorgeschobene Innenelektrode zur Verbesserung der Feldverteilung schon seit vielen Jahren bei ihren Innenraum-Stützen verwenden.

Fig. 1 zeigt zu äusserst links den bekannten Rillen-Isolator, der auch heute noch in Amerika üblich ist und seine günstigen Eigenschaften den vorgeschobenen Innenelektroden verdankt. Die Maschinenfabrik Örlikon hat dieses Prinzip schon frühzeitig bei ihren geklemmten Stützen parabolischer Isolatorform angewandt. Über verschiedene Stufen führte die Entwicklung schliesslich zur Konstruktion der Stützer Typ K, von denen derjenige für 10 kV in Fig. 2 gezeigt ist.

Diese Form ist seit mehr als zwölf Jahren in Gebrauch. Fig. 3 zeigt den Isolator im Schnitt und lässt die kittlose Befestigung der Armaturen mit der gefederten Klemmvorrichtung erkennen. In Fig. 4 sind die experimentell aufgenom-

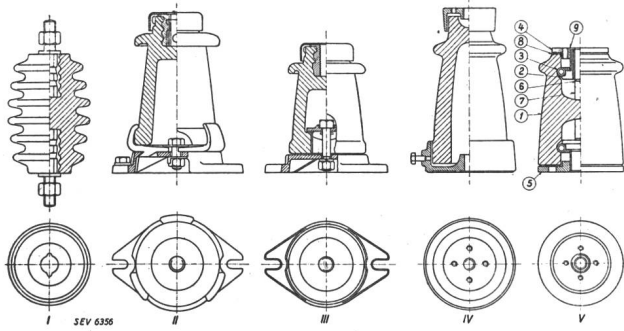


Fig. 1
Verschiedene Stützer-Bauarten

menen Feldlinien dargestellt, wenn der Stützer auf eine geerdete Platte gestellt wird. Zu beachten ist die gleichmässige Verteilung der Niveaulinien über die ganze Stützerhöhe. Fig. 5 endlich zeigt die Spannungsverteilung längs der Isolatoren-Oberfläche. Sie nähert sich stark dem durch die Gerade dargestellten Idealfall. In halber Stützerhöhe ist die Spannung gegen Erde sogar genau 50 %.

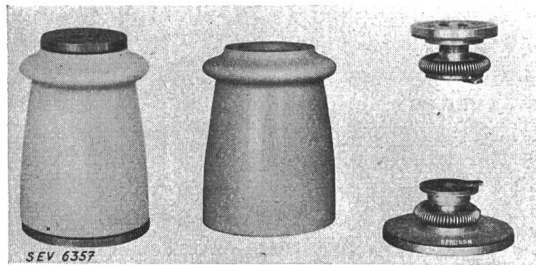


Fig. 2
Stützer Typ K
Ansicht und Bestandteile

Im Gegensatz hiezu zeigt Fig. 6 (Kurven 2 und 3) die Spannungsverteilung an einem gewöhnlichen Stützer ohne vorgeschobene Elektrode. In halber Stützerhöhe beträgt die Spannung gegen Erde 20...25 % der Gesamtspannung. Kurve 4 bezieht sich auf den verkehrt montierten Stützer und kommt daher praktisch nicht in Betracht.

Die günstige Spannungsverteilung des Stützers mit vorgeschobener Innelektrode findet ihre Bestätigung in der hohen mittleren Überschlagfestigkeit pro cm Überschlagdistanz, was wiederum eine kleine Bauhöhe für vorgeschriebene Werte der Überschlagspannung ergibt. Beim 10-kV-Stützer

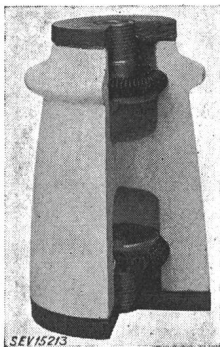


Fig. 3
Stützer Typ K im Schnitt

z. B. wurde als mittlere 50periodige Überschlagspannung 6,21 kV/cm gemessen, gegen nur 4,23 kV/cm oder 70 % des genannten Wertes beim entsprechenden VDE-Stützer. Bezo-

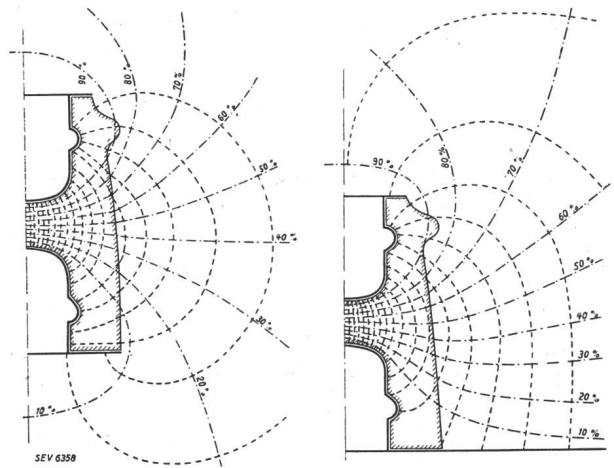


Fig. 4
Feldbild eines Stützers Typ K bei Aufstellung auf geerdeter Platte (rechts)

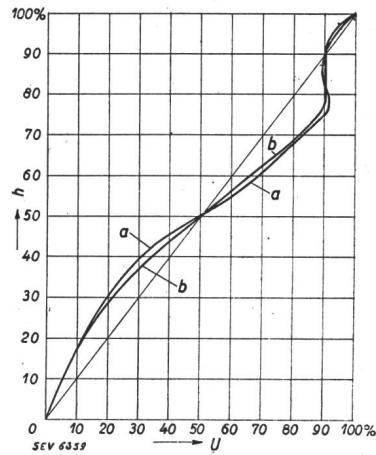


Fig. 5
Spannungsverteilung an der Aussenfläche eines Stützers Typ K
a Stützer frei aufgehängt
b Stützer auf geerdeter Platte

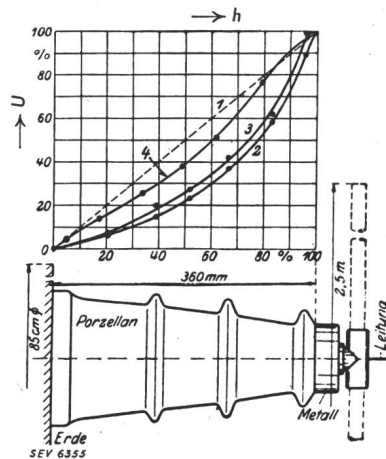


Fig. 6
Spannungsverteilung an der Aussenfläche eines parabolischen Stützers ohne Innelektroden bei Aufstellung auf geerdeter Platte
2 Die spannungsführende Leitung in der Verlängerung der Stützerachse
3 Die spannungsführende Leitung in parallel zur Erde
4 Der Isolator mit dem Kopf gegen Erde montiert

gen auf die ganze Bauhöhe beträgt die mittlere Überschlagspannung des Stützers mit vorgeschobener Innelektrode 6 kV/cm, oder ungefähr das Doppelte des am VDE-Stützer gemessenen Wertes von 2,89 kV/cm. Für die Überschlagspannung bei Stoss ergaben sich ähnliche Verhältnisse.