**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens
**Band:** 38 (1947)
**Heft:** 2

**Artikel:** Die Isolation von Freileitungen auf Holzstangen
**Autor:** Kläy, Hans
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1056722

**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:** 22.08.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ◆ Téléphone 23 77 44
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

38e Année | N° 2 | Samedi, 25 Janvier 1947

## Die Isolation von Freileitungen auf Holzstangen

Von *Hans Kläy*, Langenthal

621.315.668.1

*Die beschriebenen Versuche zeigen, dass Holzstangen einen wertvollen Beitrag zur Isolation leisten, indem sie den Kurzschlußstrom auf unschädliche Werte begrenzen. Sie weisen neue Wege zur Beurteilung von Freileitungsisolatoren für Holzstangen.*

*L'auteur décrit des essais, qui démontrent que les poteaux en bois contribuent dans une large mesure à l'isolement en limitant l'intensité du courant de court-circuit à une valeur non dangereuse. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives pour l'estimation de la valeur des isolateurs de lignes aériennes sur poteaux en bois.*

Eine Diskussion im Fachkollegium 28 des CES, Koordination der Isolationen, gab Anlass zur Untersuchung der Isolation bestehender Freileitungen. Die Freileitung wird so gebaut, dass die Leistungsübertragung möglichst wenig gestört wird. Die zu erwartenden Ueberspannungen sollen keine Betriebsunterbrüche veranlassen. Ueber die Höhe von Kurzschluss- und Schaltüberspannungen herrscht noch Unsicherheit, doch nimmt man an, dass sie bis zu 3,5fachem Wert der verketteten Spannung ansteigen können. Die Ueberspannungen atmosphärischen Ursprungs sind bedeutend höher; dagegen bilden die Holzstangen einen sehr guten Isolationswiderstand. Man rechnet für 1 m Holz mit 200 kV Ueberschlag-Stoßspannung. Allerdings ist, wie die im folgenden beschriebenen Versuche zeigen sollen, zu berücksichtigen, inwieweit das Holz in den Ueberschlagsweg eingeschaltet ist.

Auch für betriebsfrequente Entladungen bildet selbst die nasse Holzstange, entgegen der bisherigen Annahme, eine wertvolle Isolationsstrecke. Die Isolation Pol—Erde setzt sich zusammen aus der Isolationsstrecke über den Isolator und der nassen Holzstange. Bis zum Ueberschlag liegt die Spannung entsprechend seinem hohen Isolationswiderstand ganz am Isolator und verteilt sich nach dem Ueberschlag auf Lichtbogenstrecke und Holzstange (Fig. 1). Dabei hat die nasse Stange einen Widerstand von ca. 0,1 MΩ/m. Durch diesen Widerstand, der nur wenig stromabhängig ist, wird der Erdschlußstrom auf kleine Werte beschränkt (ca. 0,1 A). Der Lichtbogen am Isolator erlischt nach Zusammenbruch der Ueberspannung von selbst. Das mag der Grund sein, warum trotz schwacher Isolation wenig solche Störungen auf den Leitungen bemerkt werden. Am Mastkopf liegt bei Erdschluss etwa die halbe Ueberspannung. Die Isolatoren müssen also die verkettete Betriebsspannung aushalten, damit kein Ueberschlag auf die gesunden Phasen und damit ein Kurzschluss eingeleitet wird. Aber auch ein solcher Kurzschluss, wobei immer noch ein Stück Holzstange eingeschaltet ist (siehe Fig. 5...10), kann infolge des Stangenwiderstandes keine schädlichen Werte annehmen. Die Ersatzschaltung (Fig. 2) lässt erkennen, dass die Ueberschlagsverhältnisse am Mastkopf nicht leicht zu überblicken sind, vor allem, dass aus den Werten *eines* Isolators nicht auf das Verhalten am Stangenkopf geschlossen werden kann. Die vorliegende Arbeit bezweckt hauptsächlich, die

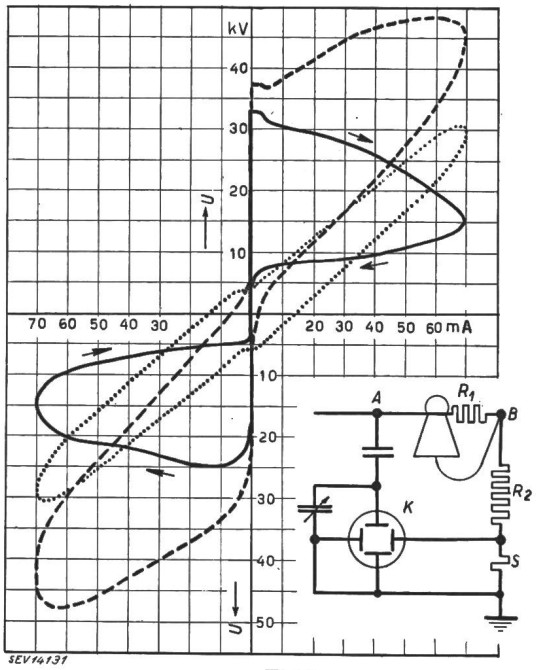


**Fig. 1**
**Lichtbogen Pol-Erde über Isolator und nasse Stange**
Die Spannung am Isolator steigt bis 33 kV, der Lichtbogen zündet und die Lichtbogenspannung fällt bis zum Nulldurchgang. In der andern Phase der Wechselspannung ist der Verlauf symmetrisch.
– – – Spannung *A* gegen Erde
..... Spannung *B* gegen Erde
——— Spannung am Isolator *A...B*
Abszisse: Strom im Mastfuss.
Im Ersatzschema bedeuten: *A* Speisepunkt; *B* Mastkopf; $R_1$ Lichtbogen (Widerstand stark veränderlich); $R_2$ Widerstand der nassen Holzstange; *S* Shunt; *K* Kathodenstrahlröhre.

Betriebsleute auf diese Fehlschlüsse aufmerksam zu machen.

Die Ableitwiderstände ändern je nach dem Feuchtigkeitszustand von Isolator und Stange und

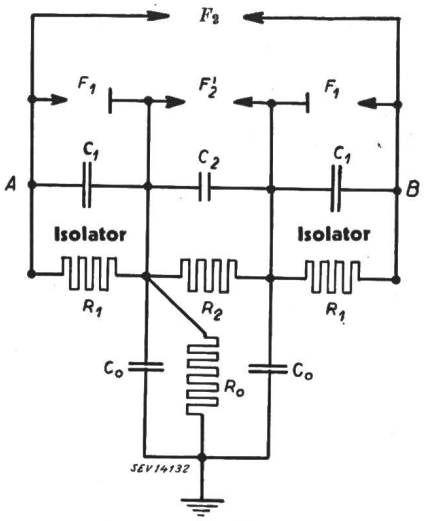


Fig. 2
**Ersatzschema für den Mast**
*A, B* die beiden Leiter; $F_2$ Ueberschlagstrecke von Leiter zu Leiter; $C_1$, $R_1$ Kapazität und Ableitwiderstand der Isolatoren; $F_1$ Ueberschlagstrecke der Isolatoren; $C_2$, $R_2$ Kapazität und Mastwiderstand zwischen den Stützen; $F'_2$ Ueberschlagstrecke zwischen den Stützen; $C_0$ Erdkapazität der Stützen; $R_0$ Widerstand der ganzen Holzstange.

sind massgebend für die betriebsfrequente Ueberschlagspannung. Den Stoss- und Trockenüberschlag bestimmen dagegen die Kapazitäten. Der Stossüberschlag Pol—Erde wird auf der Holzstange nur bei direktem Blitzschlag eintreten. Für den Stossüberschlag Pol—Pol, falls dieser nicht direkt von Leiter zu Leiter, sondern gestaffelt über die Stütze erfolgt, spielen die Kapazitäten $C_0$ eine wesentliche Rolle. Wie aus dem vereinfachten Schema (Fig. 3) von zwei in Serie geschalteten Isolatoren auf einer gemeinsamen Traverse (Stangenschalter) ersichtlich

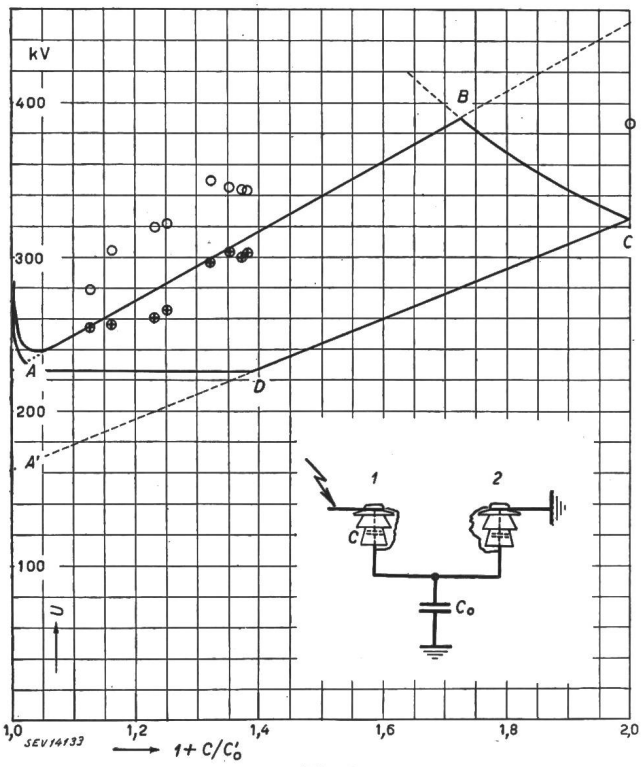


Fig. 3
**Ueberschlag von Leiter zu Leiter in Funktion der Erdkapazität der Traverse** $(1 + C/C'_0)$
*A* negative Ueberschlag-Stoßspannung eines Isolators; *A'* positive Ueberschlag-Stoßspannung eines Isolators; $C' = C_0 + C$;
⊕ positive Messwerte; ○ negative Messwerte.

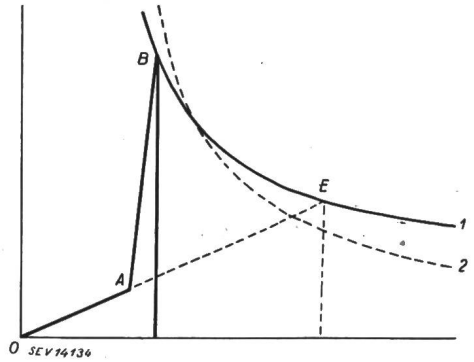


Fig. 4
**Zeitlicher Verlauf der Stoßspannung am zweiten Isolator**
*OE* Normalverlauf; *A* Augenblick des Ueberschlags am 1. Isolator; *B* Augenblick des Ueberschlags am 2. Isolator; *1* Stosscharakteristik für negativen Stoss; *2* Stosscharakteristik für positiven Stoss.

ist, bestimmt die Erdkapazität $C_0$ die Spannungsverteilung. Die 50-%-Ueberschlag-Stoßspannung Pol—Pol wurde in Funktion der Erdkapazität der Traverse gemessen. Die erhaltenen Werte sind in Fig. 3 eingetragen. Sie decken sich schlecht mit der theoretischen Kurve, welche sich folgendermassen aus der kapazitiven Spannungsverteilung ableiten lässt. Bei sehr grosser Erdkapazität der Traverse liegt die volle Spannung am gestossenen Isolator. Dieser überschlägt, wenn die Stoßspannung den positiven (*A'*) oder negativen (*A*) Ueberschlagswert erreicht hat. Die Traverse nimmt eine Spannung $U_2$ gegen Erde an.

$$U_2 = U_{St} \frac{C_{St}}{C_{St} + C_1 + C_0}$$

$U_{St}$ Spannung des Stossgenerators
$C_{St}$ Kapazität des Stossgenerators
$C_0$ Kapazität der Traverse nach Erde
$C_1$ Kapazität des Isolators

Für beschränkte Kapazität des Stossgenerators ist bei grosser Kapazität der Traverse eine hohe Stoßspannung nötig, damit der zweite Isolator auch überschlägt. Das ist mit dem stark ansteigenden Ast der Kurven längs der Ordinatenachse angedeutet. Mit abnehmenden $C_0$ steigt die Ueberschlag-Stoßspannung von einem Minimalwert an bis *B*. Von *B* bis *C* erfolgt der Ueberschlag theoretisch zuerst am geerdeten Isolator. Bei positivem Stoss verläuft die Kurve von *A* bis *D* horizontal, da mindestens die negative Ueberschlagspannung für den anderen Isolator erreicht sein muss, und von *D* bis *C* steigt die Kurve entsprechend

$$U_{St} = U_1 \left[1 + \frac{C_1}{C_1 + C_0}\right]$$

linear an, um bei $C_0 = 0$ den doppelten Wert der positiven Ueberschlagspannung zu erreichen. Ge-

genüber diesen so bestimmten Kurven liegen die Versuchswerte höher, und der Unterschied zwischen positiver und negativer Spannung ist nicht so ausgesprochen. Nach einer früheren Arbeit [1][1]) über gestaffelte Stossüberschläge steigt die Spannung der Traverse entsprechend der Spannungsverteilung mit der Stoßspannung an (Fig. 4, *0* bis *A*), um dann

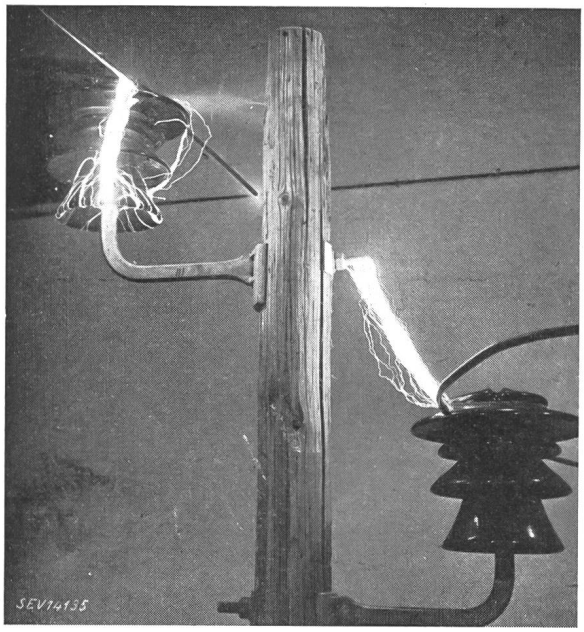


Fig. 5
**Trockenüberschlag am Mastkopf 270 kV**
70 cm Stützenabstand
(Gemmileitung)

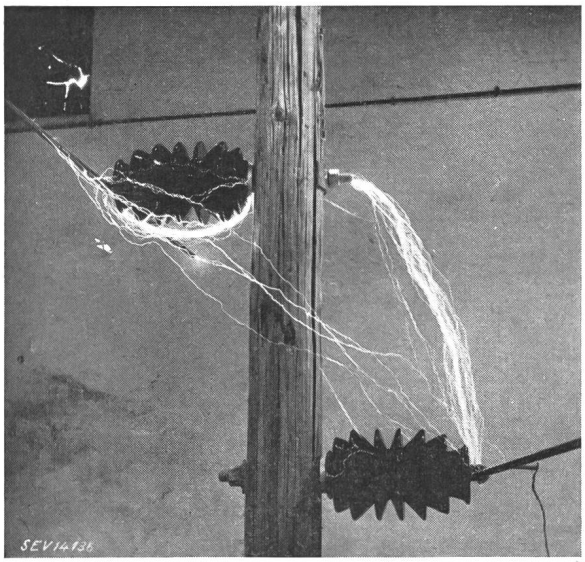


Fig. 6
**Trockenüberschlag von Leiter zu Leiter 352 kV**
Zapfenisolatoren 60 kV

beim Ueberschlag des ersten Isolators (*A*) mit der 10-...100fachen Steilheit weiter zu wachsen (*AB*). Bei dieser grossen Steilheit liegt die Ueberschlagspannung des zweiten Isolators bedeutend höher (*B*) als

[1]) s. Literaturverzeichnis am Schluss.

bei Normalverlauf (*E*) [2], und entsprechend auch die Ueberschlagspannung der Kombination. Da die tiefer liegende Ueberschlagspannung (*2*) bei sehr steilem Stoss über die andere (*1*) anwächst, findet weiter ein Ausgleich für beide Polaritäten statt. Die Abweichung der Versuchsresultate lässt sich damit erklären. Trotzdem ist gut zu erkennen (Fig. 3), wie mit

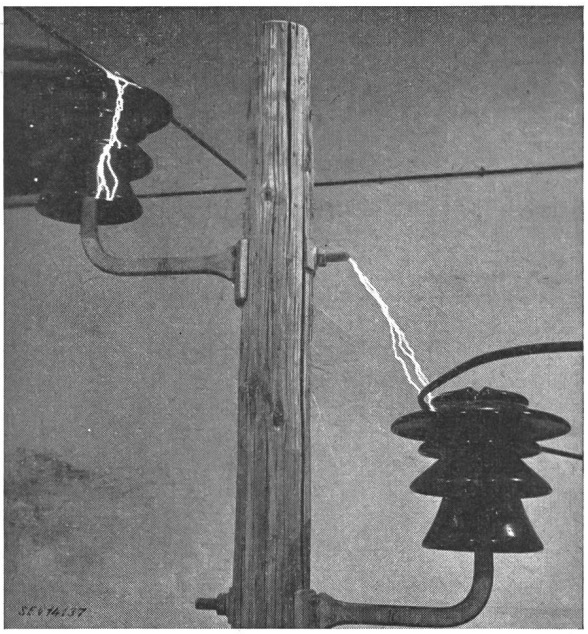


Fig. 7
**50-%-Stossüberschlag —390 kV (kleinster Wert)**

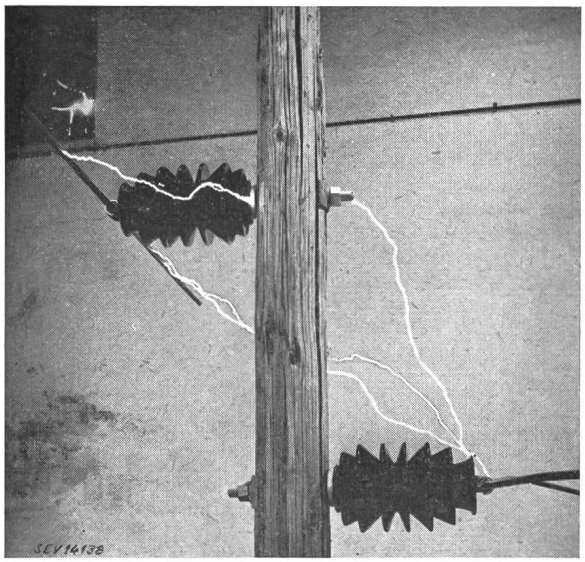


Fig. 8
**50-%-Stossüberschlag +605 kV (kleinster Wert)**

kleinerer Erdkapazität der Traverse die Ueberschlagspannung steigt. Am Stangenkopf der Freileitung sind die Stützen der Isolatoren durch ein Holzstück von einander isoliert und deshalb die Verhältnisse nicht so übersichtlich (Fig. 2). Einige in

der Materialprüfanstalt des SEV durchgeführte Versuche (Fig. 5...10) zeigen, wie da der Ueberschlag von Leiter zu Leiter erfolgt. Dabei nimmt der Funke bei Stoss und 50 Hz trocken denselben Weg (Fig. 5, 6, 7, 8), einen ganz anderen dagegen unter Regen (Fig. 9 und 10). (Stossversuche auf den beregneten Stangenkopf wurden nicht ausgeführt.)

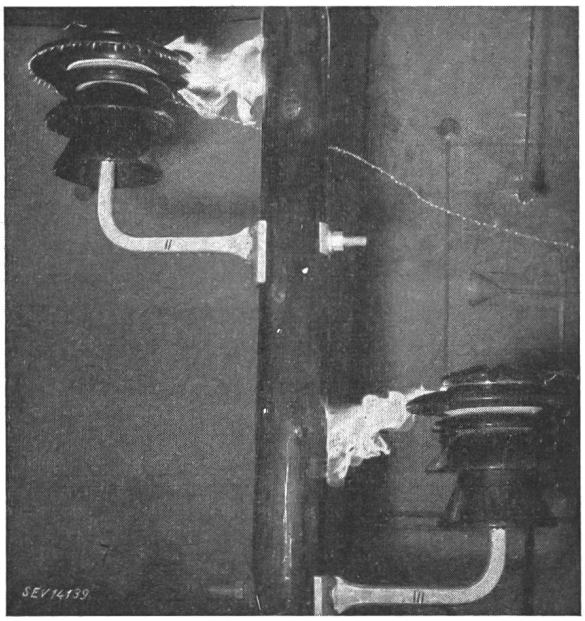


Fig. 9
**Ueberschlag unter Regen 155 kV**

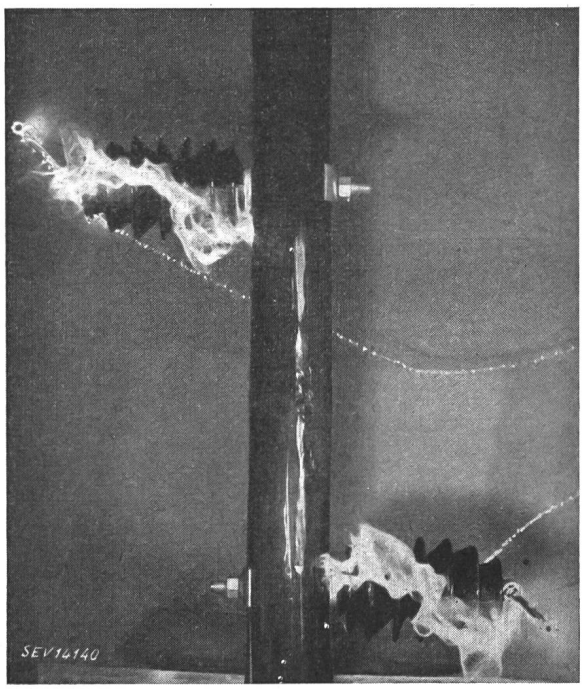


Fig. 10
**Ueberschlag unter Regen 226 kV**

Die Ueberschläge unter Regen sind nun besonders lehrreich, weil sie zeigen, wie der Funke vom *Schirm* auf die nasse Holzstange springt, nicht über den Isolator. *Es hat also keinen Sinn, einen Isolator mit grosser Ueberschlagspannung zu wählen, wenn er nicht richtig angeordnet ist.* Es zeigt sich sogar, dass von den Glockenisolatoren derjenige mit dem grössten Schirm (Fig. 9) auf der Stange die ungünstigsten Ueberschlagswerte ergibt, weil der weite Schirm die Strecke nach der Stange bei gleicher Stütze verkleinert.

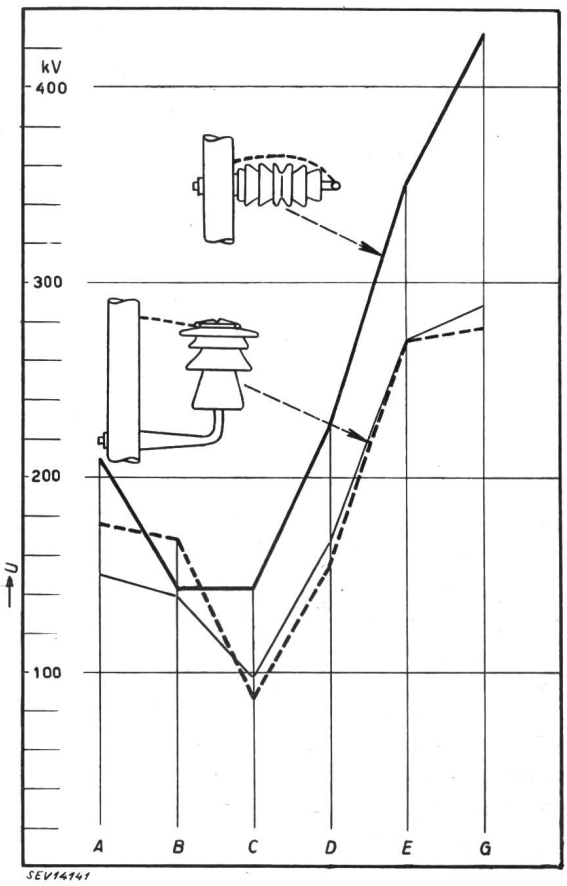


Fig. 11
**Ueberschlagswerte in verschiedener Anordnung**
*A* trocken auf gerader Stütze; *B* nass auf gerader Stütze; *C* nass, ein Isolator am Mast; *D* nass von Leiter zu Leiter am Mast; *E* trocken von Leiter zu Leiter am Mast; *G* 50 % minimale Ueberschlag-Stoßspannung von Leiter zu Leiter, reduziert um $\frac{1}{\sqrt{2}}$

Ferner ist zu beachten, dass die *Nassüberschlagspannung von Pol zu Pol* trotz dazwischengeschalteter Holzstange etwa 25 % kleiner ist als die doppelte Ueberschlagspannung eines einzelnen Isolators (Fig. 11).

Am günstigsten verhält sich der neue *Zapfenisolator* [3], ein Stützisolator für Freileitungen, der auch am Mast eine optimale Ausnützung der Isolierstrecke bietet.

## Literatur

[1] *Kläy, H.:* Stoßspannungen grosser Steilheit. Bulletin SEV Bd. 32(1941), Nr. 11, S. 242...245.

[2] *Strigel, R.:* Ueber die Statistik des Entladeverzugs in Luft von Atmosphärendruck. Elektrotechn. Z. Bd. 59 (1938), Nr. 3, S. 60...62.

[3] Schweiz. Pat. Nr. 244 699.

**Adresse des Autors:**
Dr. *H. Kläy*, Ingenieur, Porzellanfabrik Langenthal.