

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 29 (1938)
Heft: 22

Artikel: Radiostörungsprobleme von Hochspannungsisolatoren
Autor: Dick, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059412>

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: 17.02.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des
Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 51.742
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXIX. Jahrgang

N° 22

Mittwoch, 26. Oktober 1938

Radiostörungsprobleme von Hochspannungsisolatoren.

Zusammenfassender Bericht über die in der Materialprüfanstalt des SEV durchgeführte Bearbeitung des Themas.

Von der Materialprüfanstalt des SEV (M. Dick).

621.396.823

Die Ursache der Radiostörwirkung von Hochspannungsisolatoren liegt in der Bildung von Glimmerscheinungen in kleinen Luftzwischenräumen zwischen Leiter- und Isolator-teilen, in welchen eine starke Feldkonzentration auftritt. Die Summe der einzelnen Ueberschlagsstromspitzen des Glimm-vorganges ergeben im Ableitstromoszillogramm ein charakteristisches Bild. Die Störeigenschaften können mit dem Störmessplatz gemessen werden. Störeinsatzspannung und hochfrequenter Kurzschlußstrom sind die charakteristischen Daten.

Die Resultate der Untersuchung einer grösseren Zahl verschiedener Isolortypen zeigen, dass, solange nicht speziell störfrei gebaute Isolatoren verwendet werden, stets etwa mit denselben Störintensitäten gerechnet werden muss, und zwar ganz unabhängig von der Isolatorgrösse und der Bundart. Im Mittel beginnen die Störungen etwa bei 5 kV und nehmen mit steigender Hochspannung in charakteristischer Weise zu.

Die Untersuchungen zur Entwicklung von störfreien Isolatoren führen zu konkreten Vorschlägen. Das Prinzip beruht auf der Beseitigung der Glimmstellen durch Auftrag eines absolut dicht aufliegenden, leitenden Ueberzuges an den beiden Polen, dessen Rand so geformt wird, dass daran keine grosse Feldstärke auftreten kann.

Die erfolgreiche nachträgliche Entstörung einer bestehenden Hochspannungsleitung mit Halbleiteranstrich setzt eine Untersuchung des betreffenden Isolortyps im Laboratorium voraus.

L'effet perturbateur des isolateurs à haute tension provient des effluves qui se forment dans les petits interstices situés entre certaines parties de conducteurs et d'isolateurs, où se produit une forte concentration de champ. Les nombreuses pointes de courant d'effluve donnent à l'oscillogramme du courant de fuite un aspect caractéristique. Les propriétés de ces perturbations peuvent être déterminées à l'aide du dispositif de mesure des perturbations. Les données caractéristiques sont la tension d'amorçage des perturbations et le courant de court-circuit à haute fréquence.

L'examen d'un grand nombre de types d'isolateurs montre qu'il faudra toujours compter sur des intensités perturbatrices sensiblement les mêmes, indépendamment de la grandeur et de la construction des isolateurs, tant que ceux-ci ne seront pas d'un type spécial. En général, les perturbations s'établissent à partir d'environ 5 kV et augmentent de façon caractéristique avec la tension.

Les recherches entreprises en vue de mettre au point des isolateurs antiparasites ont permis l'élaboration de propositions concrètes, basées sur la suppression des zones d'effluves par l'application parfaite d'un revêtement conducteur aux deux pôles, dont le rebord présente une forme telle qu'il ne puisse s'y produire de fortes intensités de champ.

Pour réaliser par l'application d'un enduit semi-conducteur le déparasitage correct d'une ligne à haute tension installée, il est nécessaire d'examiner en laboratoire le type d'isolateur utilisé.

Einleitung.

Der organisierte Kampf gegen die Radiostörungen macht eine Unterteilung der verschiedenen Störer in Störergruppen mit gemeinsamen charakteristischen Eigenschaften nötig. Eine solche Gruppe für sich bilden die Hochspannungsisolatoren, was in der Bildung einer besonderen Subkommission innerhalb der Radiostörungskommission des SEV und VSE zum Studium der damit zusammenhängenden Fragen zum Ausdruck kommt. Die Störwirkung wird charakterisiert durch ein gleichmässiges Rauschen auf den verschiedenen Wellenbändern des Radorundspruches, von welcher besonders die in der Nähe einer Hochspannungsleitung wohnenden Radiohörer wegen der Permanenz dieser Störungsart in äusserst lästiger Weise betroffen werden. Die Entwicklung der geeigneten Entstörungsmassnahmen setzt eine genaue Kenntnis der Störursachen und ihrer Eigenschaften sowie der Möglichkeit der messtechnischen Erfassung voraus. Die in der Materialprüfanstalt des SEV durchgeführten Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen.

Ursache, Eigenschaften und Messung der Störungen.

Die Ursache der Störwirkung liegt stets in der Bildung von Glimmerscheinungen am Isolator, sei es zwischen Leiter und Isolator, in Luftzwischenräumen zwischen verschiedenen Isolator-teilen oder zwischen Isolator und Stütze. Die Glimmerscheinungen, die in starkstromtechnischer Beziehung bedeutungslos sind, treten stets in den unvermeidlichen, kleinen, keilförmig zugespitzt verlaufenden Luftzwischenräumen auf, welche bei der normalen Isolatorbauart an den Isolator angrenzen. An diesen Stellen besteht die Isolation aus einer Serieschaltung von einem kleinen Luftraum mit einer dicken Porzellanschicht. Da die Dielektrizitätskonstante des Porzellans mehrfach grösser ist als diejenige der Luft, so konzentriert sich das Feld entsprechend auf den Luftzwischenraum, welcher deshalb schon bei geringen Spannungen durchschlagen wird.

Fig. 1 veranschaulicht diese Verhältnisse anhand der für einen idealisierten Fall konstruierten Feldlinien.

Solche zugespitzt endende Luftzwischenräume finden sich vor allem zwischen dem Leitungsdraht, bzw. den Bindedrähten und dem Kopf des Isolators. Sie sind dort unvermeidlich, weil der Radius dieser Drähte stets kleiner ist als der Radius der Bunde. Auch die Stütze kann nach der üblichen Bauart nicht so befestigt werden, dass zwischen ihr

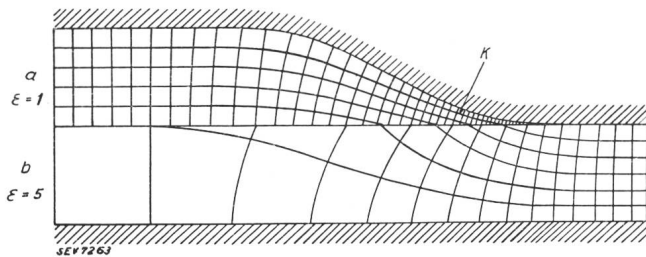


Fig. 1.
Verteilung des Feldes bei Luftzwischenräumen.
a Luft. b Porzellan. K Feldkonzentration.

und dem Porzellan keine Luftzwischenräume übrig bleiben. Wenn während einer einzelnen Wechselspannungsperiode die Spannung ansteigt, so wird ein solcher Luftzwischenraum nicht nur einmal durchschlagen; es entsteht vielmehr eine ganze Reihe von einzelnen Durchschlägen, da ein einzelner Durchschlag nur das jeweilige getroffene, örtlich begrenzte Oberflächenstück des Porzellans soweit auflädt, dass an dieser Stelle die Spannungsdifferenz verschwindet. Der nach dem ersten Durchschlag erfolgende weitere Spannungsanstieg innerhalb der betrachteten Periode hat zur Folge, dass ein zweiter und je nach der Spannungsgrösse noch viele weitere Durchschläge an der einzelnen Stelle entstehen müssen, so dass also in dem Luftzwischenraum in räumlicher und zeitlicher Nebenordnung eine grosse Zahl von Ueberschlägen stattfindet. Diese Vorgänge werden durch das Oszillogramm des Isolatorstromes, welches mit der Braunschen Röhre aufzunehmen ist, sehr anschaulich bestätigt. Zur Aufnahme braucht lediglich ein Hochohm-widerstand zwischen Stütze und Erde geschaltet zu werden, an welchem ein oszillographisch verwendbarer Spannungsabfall auftritt.

Fig. 2 zeigt, dass eine Unzahl von einzelnen momentanen Stromspitzen das sinusförmige Stromoszillogramm zieren, was den Eindruck erweckt, als

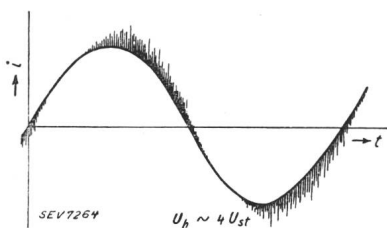


Fig. 2.
Oszillogramm des Ableitstromes eines störenden Isolators.

ob das Oszillogramm «mit Gras bewachsen» wäre. Der Bereich der Spitzen liegt etwas nach der Stromamplitude, liegt aber noch vor der Spannungsamplitude, da der Spannungsverlauf gegenüber dem kapazitiven Isolatorstrom um 90° verschoben nachfolgt.

Jeder einzelne Durchschlag ist nun Ausgangspunkt einer Radiostörung, die zufolge des sponta-

nen Auftretens über einen sehr grossen Wellenbereich wirksam ist. Natürlich ist zur Auslösung der ersten Durchschläge eine gewisse minimale Spannung, die sog. Störeinsatzspannung, nötig, welche am sichersten durch Abhören der Störungen mit einem empfindlichen Apparat festgestellt wird. Viele vorgenommene Beobachtungen haben die Gewissheit ergeben, dass stets schon beim Störeinsatz irgendwo ein kleines Glimmpunktchen auftritt. Allerdings ist zu dessen Feststellung meist eine nicht ganz ungefährliche Sucharbeit in unmittelbarer Nähe bei vollkommener Verdunkelung nicht zu umgehen. Fast bei derselben Spannung sind bei genauer Betrachtung auch im Oszillogramm die ersten kleinen Spitzchen zu erkennen. Schliesslich können diese Vorgänge auch noch mit der Scheringbrücke in gewissem Sinne erfasst werden, indem mit dieser ein Zunehmen des Verlustwinkels mit zunehmenden Glimmerscheinungen konstatiert werden kann. Allerdings ist diese Messmethode zu wenig empfindlich, um damit die Störeinsatzspannung feststellen zu können.

Um verschiedene Isolatortypen in ihrer Störwirkung miteinander vergleichen zu können, ist eine Erfassung der Störintensität in absoluten Werten unumgänglich nötig. Nun kann der Störmessplatz des SEV, mit dem die Störströme und Spannungen an Starkstromapparaten gemessen werden, nicht ohne weiteres zur Messung der Störungen an Isolatoren verwendet werden, da er die nötige Spannungsfestigkeit nicht besitzt. Im SEV durchgeführte Entwicklungen führten zu einer Messmethode, die ausführlich im Bull. SEV 1935, Nr. 8, S. 192, beschrieben wurde¹⁾. Mit Hilfe eines Pressgaskondensators und einer Drosselspeule im Hochspannungskreis konnte der Isolator in den Hochfrequenzstromkreis des Störmessplatzes einbezogen werden, ohne dass gefährliche Hochspannungen auf diesen übertreten konnten. Auf diese Art kann der Isolator als Hochfrequenzgenerator vollständig ausgemessen werden. Er wird charakterisiert durch Angabe des hochfrequenten Kurzschlußstromes, der Leerlaufspannung sowie des Innenwiderstandes, alles in Abhängigkeit von der angelegten Hochspannung sowie von der Messfrequenz. Von diesen Werten spielt der Kurzschlußstrom eine ausschlaggebende Rolle. Der Innenwiderstand der gebräuchlichen Isolatoren liegt im Rundfunkwellenbereich in der Grössenordnung von 10 000 bis 100 000 Ohm, ist also relativ hoch und ist im wesentlichen durch die Kapazität des Isolators bedingt, welche in der Grössenordnung von 10 pF liegt. Mit abnehmender Messfrequenz nimmt der Widerstand zu, um bei tieferen Frequenzen einem konstant bleibenden Wert, nämlich dem ohmschen Verlustwiderstand, zuzustreben, der in dem Masse hervortritt, als sich der kapazitive Widerstand über diesen hinaus vergrössert. In Wirklichkeit ist der Isolator hochfrequenzmässig durch den Hochfrequenzwiderstand

¹⁾ Vergleiche auch die etwas früher von A. Dennhardt in der Elektrizitätswirtschaft Bd. 34 (1935), Heft 1, S. 17, publizierte Messanordnung, welche zeigt, dass die Messmethoden trotz gegenseitiger unabhängiger Entwicklung vollkommen übereinstimmen.

der Leitung belastet. Dieser Widerstand ist abhängig von den Resonanzeigenschaften der Leitung. Die Dämpfung der Leitung hat zur Folge, dass sich dieser Widerstand nicht allzu weit vom Wellenwiderstand der Leitung entfernen kann. Er liegt dementsprechend in der Grössenordnung von 100 bis 1000 Ohm. Zu berücksichtigen ist dabei noch, dass die beiden abgehenden Leitungsseiten für den Isolator parallel geschaltet erscheinen, was den resultierenden Widerstand auf den ca. halben Wert

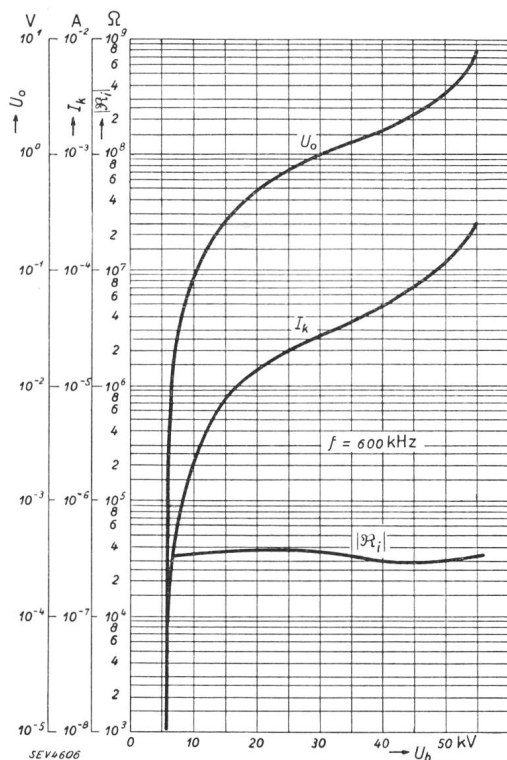


Fig. 3.

Abhängigkeit der Hochfrequenzgrössen von der Hochspannung. Ueberschlag bei 64 kV.

reduziert. Wie ersichtlich, ist dieser Widerstand vernachlässigbar klein, verglichen mit dem Innenwiderstand des Isolators, so dass der Isolator hochfrequenzmässig im Kurzschluss läuft.

Die beiden Diagramme von Fig. 3 und 4 zeigen zur Illustration den typischen Verlauf der erwähnten Abhängigkeiten, aufgenommen an einem Isolator mit 64 kV Ueberschlagsspannung. Die Störersatzspannung wird in Fig. 3, welche die Abhängigkeiten von der Hochspannung bei der konstanten Messfrequenz von 600 kHz wiedergibt, durch den plötzlichen Anstieg des Kurzschlußstromes I_k sowie der Leerlaufspannung U_0 wiedergegeben, liegt also bei 6 kV. Im höheren Spannungsbereich bewegt sich I_k in der Grössenordnung von 1 bis 100 μ A. U_0 beansprucht den Raum zwischen $1/100$ und 10 V. Der Innenwiderstand $|R_i|$ ist ziemlich spannungsunabhängig (im Gegensatz zum starkstrommässigen Widerstand) und liegt in der Grösse von 40 000 Ohm. Aus Fig. 4 ist das einfache Resultat zu entnehmen, dass I_k von der Messfrequenz praktisch unabhängig ist. Die Störfähigkeit ist dementsprechend im ganzen Rundspruchwellenband überall gleich. Der Widerstand nimmt, wie erwähnt,

mit abnehmender Frequenz zu. Analog verhält sich auch die Leerlaufspannung, welche mit I_k und $|R_i|$ durch die Beziehung $U_0 = I_k |R_i|$ verknüpft ist. Die beiden Tatsachen, dass für die Beurteilung der Störfähigkeit nur der Kurzschlußstrom massgebend ist und dass dieser ferner von der Hochfrequenz praktisch unabhängig ist, gestatten die Störungsuntersuchung eines Isolators gegenüber derjenigen eines normalen Starkstromapparates wesentlich zu vereinfachen. Auf die Messung der Leerlaufspan-

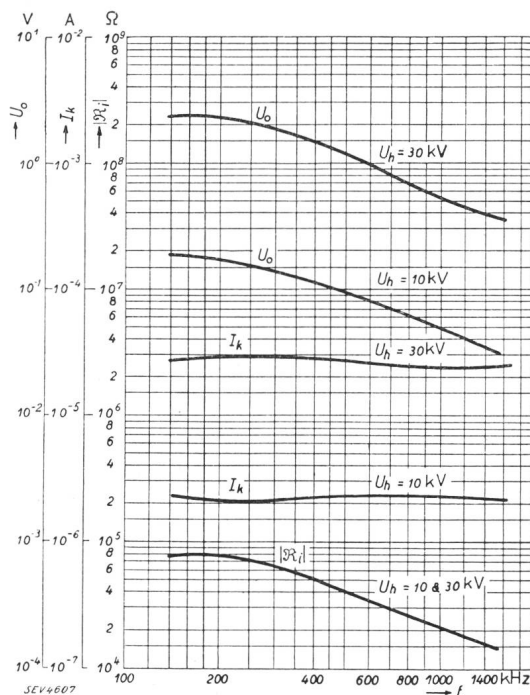


Fig. 4.

Abhängigkeit der Hochfrequenzgrössen von der Messfrequenz.

nung und des inneren Widerstandes kann normalerweise verzichtet werden; es genügt die Aufnahme von I_k in Funktion von der angelegten Hochspannung.

Störintensitäten von normalen Isolatoren.

Die zahlreichen in der MP des SEV durchgeführten Untersuchungen an Hochspannungsisolatoren lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

1. Untersuchungen, mit dem alleinigen Zweck der Feststellung der Störintensitäten von normalen Hochspannungsisolatoren.
2. Untersuchungen zur Entwicklung von Massnahmen zur Verminderung oder Beseitigung der Störwirkung der Isolatoren.

Bezüglich der ersten Gruppe gibt Tabelle I eine Uebersicht über die Resultate der im Auftrage der Subkommission III der Radiostörungskommission durchgeführten Untersuchungen.

Die Isolatoren sind, soweit dies die einzelnen Prüferien erlaubten, nach steigender Grösse geordnet. Am Schluss folgen die Isolatoren der SBB sowie einige Ohio-Brass-Isolatoren, die alle spezielle Bauformen darstellen. Der Tabelle, welche Resultate von Isolatoren der verschiedensten Grössen und

Bauarten mit den verschiedensten Bundarten und Befestigungsweisen enthält, sind zwei bemerkenswerte Resultate zu entnehmen.

Das eine Resultat betrifft die Störeinsatzspannung. Wenn von den Resultaten der entstörten

Ohio-Brass-Isolatoren dem Hängeglied und dem unter Regen geprüften Isolator abgesehen wird, so liegen die Einsatzspannungen samt und sonders zwischen 2,5 und 8 kV, meist nahe um 5 kV herum, trotz der weitgehenden Verschiedenartigkeit der Iso-

Tabelle I.

Prüf-serie	Prüf-Nr.	Beschreibung des Isolators (Masse in mm)	Ueber-schlag kV	Stör-einsatz kV	Störstrom μ A bei		
					10 kV	20 kV	30 kV
1	1	Beznau-Typ, einteilig					
	2	2 Schirme, \varnothing max. 160	64	5,5	1,6	10	14
	3	2 » \varnothing » 160	68	3,5	1,9	11	18
	4	2 » \varnothing » 160	64	6	2,0	14	26
	5	2 » \varnothing » 160	65	6	7	11	16
	6	2 » \varnothing » 160	87	7,5	10	24	33
	6	2 » \varnothing » 160	88	4	1,2	29	48
	6	2 » \varnothing » 160	84	4	1,6	34	56 ²⁾
2	1	«Rotkäppchen-Isolator», einteilig, 3 Glocken, \varnothing max. 110	42	5	0,5	28	60
	2	dito	48	3	0,8	6,0	13
	3	dito	47	4	1,4	6,5	14
3	1	«Rotkäppchen-Isolator», \varnothing max. 110, Normalbund	65	3	1,5	3,8	7,5
	2	dito Böglbund	65	4	1,3	4,3	7,5
	3	Beznau-Typ \varnothing max. 160, Abspannbund	74	5	0,35	1,7	4,0
	4	dito Kupferlitzbund	74	3	2,8	13	22
	5	Delta-Isolator, einteilig, 3 Schirme, \varnothing max. 200, Normalbund	110	4	1,0	6	33
	6	dito Böglbund	110	3	0,25	11	75
	7	dito, jedoch \varnothing max. 230, Normalbund Böglbund	115 115	4 4	0,6 0,26	3,8 0,9	7 2,6
4	1	Delta-Isolator, einteilig, 3 Schirme \varnothing max. 235	—	3	1,9	5,0	6,5
	2	dito	—	3	0,7	2,2	4,5
	3	dito	—	3	0,6	2,2	16
	4	dito	—	4	0,4	1,8	3,6
5		Samt Bund aus einer Leitung ausgebauter Isolator, zweiteilig gehant, 2 Glocken, \varnothing max. 250					
		trocken	> 90	4	2,5	11	19
		unter Regen benetzt		11 23	0 0	4 0	20 0,3
6	1	zweiteilig gehant, \varnothing max. 250	132	5	2,2	6	25
	2	dito	132	4	3	15	35
	3	dreiteilig gekittet, \varnothing max. 340	136	8	0,4	3	15
	4	dito	136	7	1,0	11	28
7		Delta-Isolator, zweiteilig gehant, 3 Schirme, \varnothing max. 260	—	6	2,5	11	30
8	1	SBB-Isolatoren, zweiteilig, 2 Schirme, \varnothing max. 215 . .	87	5	0,3	2,5	8,0
	2	einteilig, Form wie Prüf-Nr. 1	97	4	0,6	3,2	11
	3	zweiteilig, Prüf-Nr. 1	90	4	0,5	3,4	10
	4	einteilig, 3 Schirme, \varnothing max. 230 . .	110	5	0,3	1,3	4
	5	einteilig, 3 Schirme, \varnothing max. 175 . .	94	4	0,4	1,3	2,1
9	1	Ohio-Brass-Isolator, zweiteilig, 3 Schirme, \varnothing max. 190 . .	83	4	0,02	0,2	0,5
	2	zweiteilig, 3 Schirme, \varnothing max. 270 . .	126	2,5	0,1	0,45	0,6
	3	dreiteilig, 3 Schirme, \varnothing max. 345 . .	140	2,5	0,4	0,9	1,3
	4	wie Prüf-Nr. 1 } jedoch mit Bund- {	75	25	0	0	0,04
	5	wie Prüf-Nr. 2 } metallisierung {	—	33	0	0	0
	6	wie Prüf-Nr. 3 } {	—	38	0	0	0
10		Ohio-Brass-Hängeglied, \varnothing max. 260 . .	75	12	—	0,5	4,0

¹⁾ mit 16% Per./s. ²⁾ mit 50 Per./s.

latoren. Keinesfalls kann die Regel abgeleitet werden, dass bei grösseren Isolatoren für höhere Spannungen die Einsatzspannung höher liege. Bei normalen Isolatoren muss somit stets mit einer Störeinsatzspannung von ca. 5 kV gerechnet werden. Das Resultat ist damit zu erklären, dass die Feldstärke in den kritischen Luftzwischenräumen wegen der relativ kleinen Radien der dabei beteiligten Leiter im wesentlichen von diesen Radien und nicht von der Dicke oder Länge des folgenden Porzellanstückes abhängig ist. Je dünner die Drähte, desto stärker die Feldkonzentration. Da unter einem Bund die Luftzwischenräume alle möglichen Konfigurationen annehmen, hat jedoch auch die Bundart (dicker oder dünner Bindedraht) keinen eindeutig feststellbaren Einfluss auf die Störeinsatzspannung. Dass insbesondere die Länge des Porzellanweges von untergeordneter Bedeutung ist, wird durch einen weiter unten beschriebenen Versuch mit einem speziell hoch gebauten Isolator drastisch bewiesen.

Das weitere Resultat betrifft die Störströme bei Spannungen über der Einsatzspannung. Diese unterliegen naturgemäss einer grossen Streuung. Es kann bloss gesagt werden, dass diese bei 10 kV in der Grössenordnung um 1 μ A liegen, während sie bei Steigerung auf 20 bis 30 kV in die Grössenordnung von 10 μ A ansteigen. Bei der Durchsicht fällt auf, dass, wenn wiederum von den speziellen Isolatoren abgesehen wird, weder ein Abnehmen der Störungen mit grösser werdenden Isolatoren, noch eine bestimmte gleichbleibende Störungsabhängigkeit bei bestimmter Isolatorgrösse festgestellt werden kann. Die Streuungen bei konstanter Isolatorgrösse sind mindestens ebenso gross wie diejenigen unter den verschiedenen Isolatorgrössen.

Zusammenfassend muss somit gesagt werden, dass, solange nicht speziell störfrei gebaute Isolatoren verwendet werden, ganz unabhängig von der Isolatorgrösse und der Bundart lediglich in Abhängigkeit von der Leitungsspannung stets etwa mit denselben Störintensitäten gerechnet werden muss.

Verminderung oder Beseitigung der Störwirkung von Isolatoren.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Entwicklung von Massnahmen zur Verminderung oder Beseitigung der Störwirkung können in zwei Gruppen unterteilt werden; nämlich in jene Untersuchungen, welche auf die Entwicklung eines störfreien Isolators abzielen und in die anderen, deren Zweck lediglich in der Feststellung der Wirksamkeit von nachträglichen Entstörungsmassnahmen an schon im Betrieb stehenden Isolatoren besteht.

Zur Entstörung kommen folgende zwei prinzipiellen Mittel in Frage:

1. Sorgfältige Einbettung des Bundes und des Stützloches in Isoliermasse von ungefähr gleicher Dielektrizitätskonstante wie die des Porzellans zur Beseitigung sämtlicher Luftzwischenräume.
2. Auftrag einer absolut dicht anliegenden leitenden Oberfläche am Bund und im Stützloch, welche sich bis in Gebiete erstreckt, in denen das Randproblem beherrscht werden kann.

Da die erste Möglichkeit für neue Isolatoren zum vornherein ausscheidet und auch zur nachträglichen

Entstörung schwer zu handhaben ist, wurden nur Versuche nach der zweiten Methode unternommen. Die Entwicklung von störfreien Isolatoren geschah in Zusammenarbeit mit der Porzellanfabrik Langenthal. Die nötigen leitenden Aufträge wurden teils von dieser Firma eingebrannt, teils nach dem Schoopschen Metallspritzverfahren aufgetragen. Im Laboratorium selbst wurden sodann mit Graphitaufträgen und mit dem speziellen Halbleiteranstrich der Ohio-Brass gearbeitet, der sich durch gute Leitfähigkeit auszeichnet.

In einer *ersten Versuchsreihe* wurde die Entstörung der Isolatoren vom Beznau-Typ untersucht. Zur Verfügung standen 6 Isolatoren der normalen Beznau-Form, welche im Stützloch und am Bund mehr oder weniger weitgehend metallisiert waren. Durch genaue Beobachtung der ersten Glimmansätze war es jeweils möglich, die Störungsursachen festzustellen und durch deren fortgesetzte Beseitigung die Störeinsatzspannung sukzessive über die Betriebsspannung hinaufzuheben. So zeigte es sich, dass die lokalisierte Metallisierung der Bundrille wohl einen gewissen, aber keinen wesentlichen Gewinn brachte, indem dadurch nur die Glimmstellen aus dem Bund heraus an den Metallisierungsrand gebracht wurden, wo dann eine starke Feldkonzentration auftrat. Auch die Metallisierung des Stützloches bis an den Stützlochrand verhielt sich ähnlich. Natürlich muss die Metallisierung gut leitend mit der Stütze verbunden sein. Eine weitergehende Besserung war erst mit Erweiterung der Metallisierungen im Stützloch bis ca. auf die Mitte des innersten Schirmes und am Bund über den ganzen Isolatorkopf bis gegen den Rand des oberen Schirmes zu erreichen. Selbstredend wurde durch diese Metallisierungen die Kapazität des Isolators erheblich vergrössert, doch blieb der erhöhte Verschiebungsstrom ohne Einfluss auf die Störungen. Ausschlaggebend ist nicht bloss die Lage des Metallisierungsrandes, sondern auch dessen Struktur. So traten an einem Schoopisierten Metallrande die Störungen zufolge der zackigen Begrenzung, welche viele kleine Spitzchen aufweist, stets früher ein als an den übrigen Leiterarten. An den durch Metallspritzung behandelten Isolatoren mussten die Ränder deswegen stets mit Graphitauftrag verbessert werden. Eine gewisse Vorsicht ist bei den keramisch hergestellten Belägen am Platze, indem es sich zeigte, dass diese offenbar bei zu geringer Stärke in voneinander isolierte Stücke zerfallen können, an deren nicht sichtbaren Trennfugen dann Glimmerscheinungen ansetzen. Durch die erweiterte Metallisierung wurden die Ränder in Gebiete verlegt, wo die Feldstärke zufolge der weiteren Entfernung vom Gegenpol sowie der günstigeren Orientierung zur Feldrichtung kleiner ist. Zur Abschwächung trägt auch der zwischentretende Luftraum zwischen den beiden Schirmen bei, der allerdings bei höherer Spannung intensiv durch Glimmerscheinungen ausgefüllt wird. Die Störcharakteristik wird dementsprechend ganz allgemein so verändert, dass die Störungen erst bei bedeutend höherer Spannung einsetzen, dann aber um so rascher, meist sogar in Unstetigkeitssprüngen (Glimmen zwischen Schirmen) rapid zunehmen,

derart, dass kurz vor dem Ueberschlag die Störungen sogar noch stärker sind als im nicht entstörten Zustand. Natürlich wird durch die weitergehende Metallisierung die Ueberschlagsspannung im trockenen Zustand herabgesetzt. Unter Beregnung ist der Unterschied gering, da durch die Benetzung die obere Schirmfläche ohnehin wie eine leitende Fläche wirkt. Durch die Metallisierung wird demnach mehr nur der Unterschied zwischen trockenem und beregnetem Zustand ausgeglichen. Es gelang, die Störeinsatzspannung von 5 kV zuverlässig auf ca. 30 kV, also erheblich über die Betriebsspannung, die bei diesem Typ zu ca. 8 kV gewählt wird, hinaufzuheben. An Hand der Untersuchungsergebnisse wurden zwei neue Formen dieses Isolatorstyps mit Metallisierung abgeleitet, welche noch eine weitere Erhöhung der Einsatzspannung zu geben versprechen. Dies wird namentlich durch Ausdrehung des Metallisierungsrandes aus dem feldstarken Gebiete erreicht.

Eine weitere, *zweite Versuchsreihe* erstreckte sich in gleicher Weise auf den grösseren zweiteiligen Isolatorstyp der Porzellanfabrik Langenthal, der in 50-kV-Leitungen verwendet wird (Delta-Isolator). Bezüglich der Metallisierungen an den beiden Polen verhielt sich die Kopfmetailisierung etwas günstiger als beim Beznau-Typ, da der obere Schirm viel flacher ist und der Rand deshalb leichter in feldschwaches Gebiet verlegt werden kann. Zusätzliche Schwierigkeiten wurden hier durch die Trennfuge verursacht, um so mehr, als deren Rand in das starke Feld zwischen die beiden Metallisierungen zu liegen kommt. Metallisierungen führen an dieser Stelle stets zu mehr oder weniger negativen Resultaten. Verbesserungen waren indessen durch Ausgiessen der Fuge mit Isoliermasse zu erreichen. Auch das Ausgiessen des Grundes unter dem obersten Schirm, welcher durch die Bundmetallisierung in starkes Feld versetzt wird, zeigte sich von guter Wirkung. Wie gross der Einfluss von unkontrollierbaren Glimmansätzen in der Trennfuge ist, ging aus einem Versuch hervor, bei welchem die ganze Fuge mit Isoliermasse ausgefüllt wurde. Hierbei konnte die Störeinsatzspannung auf 47 kV gehoben werden. Aeusserlich feststellbare Glimmerscheinungen zeigten sich erst bei 70 kV am Bundrand, bei welcher Spannung die Störungen von ihrer anfänglich unbedeutenden Stärke ($0,1 \mu A$) erst auf unzulässige Werte sprunghaft zunahmen. Verschiedene Abhängigkeiten liessen darauf schliessen, dass die Störungen zwischen 47 und 70 kV ihre Ursache in kleinen Hohlräumen in der Isoliermasse der Trennfuge haben. Auch aus diesen Resultaten wurde ein störfreier Isolator abgeleitet, der in der Form so geändert ist, dass am Trennfugenrande trotz der nötigen Metallisierungen keine gefährlichen Feldstärken mehr auftreten können. Da es möglich ist, Isolatoren dieser Grösse in einem Stück herzustellen, wird auf die zweiteilige Form im Interesse der Entstörung am einfachsten ganz verzichtet.

Eine weitere Stufe in der Entwicklung der störfreien Isolatoren folgt aus der *dritten Versuchsreihe*, in welcher zwei Isolatoren untersucht wur-

den, bei denen die Verminderung der Störungen durch räumliche Entfernung der beiden Pole angestrebt wird. Die hohen (Porzellankörper 400 mm) und hohlen Isolatoren, deren Ueberschlagsspannung ungefähr mit derjenigen des Isolators der zweiten Versuchsreihe übereinstimmt, waren unten in angekitteten Kappen gefasst. Während der eine Isolator mit normalem Bund zu versehen ist, trug der zweite eine aufge kittete Metallkappe. Trotz des grossen Polabstandes traten unter dem normalen Bund aus den bereits angeführten Gründen schon bei 12 kV Glimmerscheinungen auf. Die Störkennlinie verlief indessen wesentlich flacher, d. h. verblieb bei tieferen Störströmen als die zum Vergleich herangezogene Kennlinie des entsprechenden Normalisolators. Mit der aufge kitteten Bundkappe, welche zufolge der grossen Rundung des unteren Kappenrandes eine günstige Feldverteilung an dieser Stelle ergab, stieg die Einsatzspannung auf 55 kV, von wo aus ebenfalls eine flach verlaufende Störkennlinie anschloss. Im Vergleich zum entstörten Normalisolator ist die Störfreiheit beim vorliegenden Isolator einfacher und sicherer zu erreichen; jedoch verhält sich der neue Isolator in mechanischer und wahrscheinlich auch in wirtschaftlicher Beziehung ungünstiger.

Ueber einen ähnlichen Isolator, der in der *vierten Versuchsreihe* untersucht wurde, ist folgendes zu sagen: Trotz der beidseitig aufge kitteten Kappen liegt die Einsatzspannung hier bei 30 kV, von wo eine mit normaler Steilheit ansteigende Störkennlinie ausging. Mit einer laboratoriumsmässig verbesserten Randpartie (grössere Rundung und Einbettung in Isoliermasse) konnte die Einsatzspannung ohne Schwierigkeit auf den doppelten Wert, d. h. auf 60 kV, gehoben werden. Dieses Ergebnis zeigt, dass der Ausbildung der Randpartie des Bundes stets die grösste Aufmerksamkeit zu schenken ist.

Spezielle Beachtung verdient die *fünfte Versuchsreihe*, in welcher normale und entstörte Isolatoren des gleichen Typs der Ohio-Brass untersucht wurden. Zur Entstörung dient beim entstörten Typ auf der Stützlochseite eine eingekittete Metallhülse und auf der Bundseite eine metallgespritzte Metallisierung. Das Randfeld wird nach dem in der ersten Versuchsreihe für den Beznau-Isolator abgeleiteten Prinzip durch Anordnung einer Vertiefung beherrscht, in deren aufsteigendem Teil der Metallisierungsrand verlegt ist. Die Störeinsatzspannungen der so entstörten drei verschieden grossen Isolatoren liegen bei 25, 33 und 38 kV gegenüber 2,5 ... 4 kV bei den nicht entstörten gleichen Typen. Zufolge des zackigen Metallisierungsrandes treten die ersten Störungen an diesem auf. Durch Ausgiessen der Vertiefung mit Isoliermasse konnte dementsprechend die Störeinsatzspannung noch weiter gehoben werden. Indessen verursachen die Trennfugen der 2- und 3teiligen Isolatoren bei wenig höherer Spannung die ersten Störungen. Am Bundrand selbst waren die ersten Glimmansätze erst bei 75 kV festzustellen.

Die Resultate beweisen zusammengefasst ganz allgemein, dass bei normalen Hochspannungsisola-

toren durch Metallisierung der Polflächen und gleichzeitiger geringfügiger Formanpassung die Störeinsatzspannung soweit gehoben werden kann, dass die Radiostörungen vollständig verschwinden.

Was schliesslich die Untersuchungen der Möglichkeiten zur nachträglichen Entstörung von schon bestehenden Leitungen betrifft, so sei zusammenfassend gleich das Resultat vorweggenommen, dass eine allgemeine Regel nicht angegeben werden kann. Bei gewissen Isolatoren kann durch die Behandlung des Bundes mit Halbleiteranstrich, dem Mittel, das hier fast einzig in Frage kommt, eine merkliche Verbesserung erreicht werden; bei andern Isolatoren tritt das Gegenteil ein. In jedem Falle ist demnach zuerst durch den Laboratoriumsversuch abzuklären, ob eine nachträgliche Behandlung zum Ziele führe.

Von den in diesem Sinne durchgeführten Untersuchungen seien die folgenden angeführt:

Untersuchung 1 bezieht sich auf den sog. «Rotkäppchenisolator». Behandlung des Bundes mit Halbleiteranstrich hob die Störeinsatzspannung um 2 kV, ergab aber bei höheren Spannungen bis dreimal stärkere Störungen. Gegenstand weiterer Untersuchungen waren die Delta-Isolatoren der EKZ einer

Drehstromleitung von 45 kV. Die Resultate zeigen, dass mit dem einfachen Anstrich der Kopfpattie mit Halbleitermasse bis gegen den Rand des oberen Schirmes unter der massgebenden Phasenspannung von 26 kV eine ca. 10fache Entstörung zu erreichen ist. Versuche, die Störeinsatzspannung durch zusätzliche Behandlung des Stützloches und der Trennfugen über die Betriebsspannung zu heben, schlugen fehl. Obwohl diese Massnahmen eine noch weitergehende Entstörung gebracht hätten, lohnen sie sich im Hinblick auf die grosse Mehrarbeit der Demontage jedes einzelnen Isolators keineswegs.

Schliesslich sei noch die Untersuchung der «zusätzlichen Entstörung» eines Isolators der SBB mit «Elektronenfilter», einem graphitierten Gummiband, angeführt, welches zwischen Bundpartie des Isolators und Schelle eingeklemmt wurde. Die Störkennlinien zeigen, dass mit diesem Mittel praktisch kein Unterschied gegenüber dem nicht entstörten Zustand zu erreichen ist. Obschon unter der Schelle die Luftzwischenräume weitgehend beseitigt werden können, sind am Rande die gefährlichen allmählich grösser werdenden Luftzwischenräume trotz Gummiband nicht zu vermeiden.

Ein neues Rangierspill.

Von O. Suter, Luzern.

621.34:625.274

Wo eine grosse Zugwirkung bei kleinem Kraftaufwand verlangt wird, sind häufig Rangierspille in Gebrauch, die viele Vorteile gegenüber der grösseren Rangierwinde haben. Der Autor beschreibt eine neue Konstruktion des Rangierspills, bei der der Antriebsmotor nicht mehr unter der Seiltrommel im Boden, sondern direkt in diese selbst eingebaut ist. Er schildert die Vorteile dieser Anordnung und nennt die Leistungen, die mit einem derartigen Spill erzielt werden können.

Dans des cas où un grand effort de traction doit être obtenu avec une faible force initiale, on emploie souvent des cabestans, qui possèdent de nombreux avantages sur les grands treuils de manœuvre. L'auteur décrit ci-après une nouvelle construction de cabestan avec moteur monté directement à l'intérieur du tambour et non plus sous ce dernier dans le sol. Il explique les avantages d'une telle disposition et indique les rendements qu'elle permet d'obtenir.

Rangierspille werden hauptsächlich im Bahnbetrieb, in Fabriken, Werften, Dock- und Hafenanlagen verwendet. Im Bahnbetrieb dienen sie zum Verschieben von Rollmaterial ohne eigene Antriebskraft, besonders auf Bahnhöfen und Anschlussgeleisen, zum Beispiel unter stationären Hebezeugen oder vor Verladerampen, ferner gelegentlich zum Verstellen von Drehscheiben usw. In Fabriken finden sie Verwendung zum Verschieben von Bahnwagen auf dem Fabrikgeleise, besonders vor Verladerampen in Speditionshallen sowie auf Steilrampen. Aber auch in Sand- und Kiesgruben, Steinbrüchen, Sägewerken, Holzimprägnieranstalten usw. finden Rangierspille eine vielseitige Verwendung. In Werften, Dock- und Hafenanlagen leisten sie gute Dienste zum Verholen von Personen- und Lastschiffen.

Die Rangierspille unterscheiden sich von den Rangierwinden dadurch, dass sie meist eine vertikale Trommel, auch Spillkopf genannt, besitzen. Während man bei Rangierwinden das Seil vollständig auf die Trommel aufwickelt, wird dieses beim Spill nur mit einigen Windungen um den Spillkopf gelegt, worauf es wieder abläuft. Die Spilltrommel

braucht also nur so gross zu sein, dass eine Anzahl Seilwindungen Platz haben; sie ist somit unabhängig von der Seillänge. Wird an dem vom drehenden Spillkopf ablaufenden Seilende eine kleine Zugkraft ausgeübt, so erzeugt diese infolge der Reibung zwischen Seil und Spillkopf auf dem ablaufenden Seil eine grosse Zugkraft, die je nach der Zahl der um den Spillkopf gelegten Windungen mehrere tausend Kilogramm betragen kann.

Der Motor mit Schnecken- oder Stirnradantrieb wurde bei den älteren Spillkonstruktionen meistens im Boden eingelassen, so dass nur die Spilltrommel frei über den Boden hinausragte. Das ganze Getriebe mit Motor und Schalter befindet sich in dem wasserdichten Gusskasten, der in den Boden eingelassen wird. Zum Anlassen des Motors ist ein Pedal vorgesehen, das aus dem Kasten herausragt und mit welchem der Motorschalter betätigt wird. Da der ganze Kasten im Boden einbetoniert werden muss, ist grosse Aushubarbeit und ein grosses Fundament erforderlich. Zwecks Schmierung und Revision muss der Kastendeckel abgehoben werden, der zur leichteren Demontage oft mit Scharnieren oder Drehzapfen versehen ist.