Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 88 (1997)

Heft: 7

Artikel: Verbundisolatoren auf dem Vormarsch : Anwendungen von Silikonverbundsisolatoren in der Schweiz

Autor: Papailiou, Konstantin O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902188

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: 09.12.2025

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

Im vorliegenden Aufsatz werden die neuesten Anwendungen von Silikonverbundisolatoren, welche auch in der Schweiz vermehrt eingesetzt werden, vorgestellt. Dazu gehören interessante Konstruktionen mit Verbundisolatoren für Bahnstromleitungen, Mittelspannungsleitungen, aber auch für 400-kV-Hochspannungsfreileitungen. Zudem werden Lösungen präsentiert von Hochspannungsgeräten für Freiluftschaltanlagen, welche neuerdings ebenfalls mit Gehäusen aus Verbundrohrisolatoren konzipiert und hergestellt werden.

Verbundisolatoren auf dem Vormarsch

Anwendungen von Silikonverbundisolatoren in der Schweiz

■ Konstantin O. Papailiou

Das Konzept des Verbundisolators entstand eigentlich schon um 1948 in den USA. Richtig «ernst genommen» wurde diese Technologie aber erst in den siebziger Jahren, als bei den glasfaserverstärkten Materialien, welche den tragenden Kern der Verbundisolatoren bilden, und den Polymeren, welche deren Hülle gestalten, grosse Fortschritte erzielt wurden. Zur breiten Akzeptanz der Verbundisolatoren trugen insbesondere das überdurchschnittlich gute Isolationsverhalten des Silikons bei Verschmutzung [1] und die Unempfindlichkeit der Verbundisolatoren gegen Bruch bei schockartigen Beanspruchungen im Betrieb bei; sie ermöglichten, die bei vielen Anwendern anfänglich vorhandene Hemmschwelle rasch zu überwinden.

Soweit rekonstruiert werden kann, waren die ersten Verbundisolatoren aus Schweizer Fertigung Hohlkörperisolatoren mit einer Silikonbeschirmung, die als Gehäuse für Kabelendverschlüsse eingesetzt wurden. Kurz darauf folgten nach dem gleichen Konzept Vollkernverbundisolatoren als Stützisolatoren in den neu entwickelten Fahrleitungstragwerken im Lötschbergtunnel. Weitere Anwendungen liessen nicht lange auf sich warten. Solche waren beispielsweise Langstabverbundisolatoren für Freileitungen bis zu den höchsten Spannungsebenen und Phasenabstandhalter, vor allem für Mittelspannungsleitungen. Auch Isoliergehäuse für Strom- und Spannungswandler sowie für Durchführungen und Prüfkondensatoren sind in dieser Zeit – wenn auch in bescheidener Stückzahl – realisiert worden. Einen «Quantensprung» erfuhr das Verbundisolatorengeschäft Anfang der neunziger Jahre. Positive Langzeiterfahrungen im Betrieb, breit abgestützte und weit gestreute Forschungsergebnisse, solide Normungsarbeit, Vergünstigung der Materialpreise, aber auch der Ausstieg von Porzellanisolatorenherstellern aus der lokalen Produktion trugen wesentlich dazu bei. Diese Ereignisse führten dazu, dass heute hierzulande auf diesem Gebiet zwei innovative, aufstrebende und inzwischen international erfolgreiche Unternehmen namhafte Investitionen tätigen, um im weltweit stark wachsenden Verbundisolatorengeschäft auch in der Zukunft eine massgebende Rolle spielen zu können.

Verbundisolatoren in Fahrleitungen

Wie bereits erwähnt, bestand eine der ersten Anwendungen von Silikonverbundisolatoren aus Schweizer Fertigung

Adresse des Autors
Dr. *Konstantin O. Papailiou*, Sefag AG
Werkstrasse 7, 6102 Malters

in deren Einsatz in den Fahrleitungs-Tunneltragwerken der BLS (Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn) [2]. Die BLS betreibt eine der beiden schweizerischen Eisenbahn-Alpentransversalen, die Lötschberg-Simplon-Linie. In Zusammenhang mit dem zweigleisigen Ausbau des Lötschbergtunnels wurde schon 1979 der mutige Entschluss gefasst, das dazumal neuentwickelte Fahrleitungssystem [3] mit Silikonverbundisolatoren zu bestücken. Das Ziel war, auf die aufwendige und kostspielige Isolatorreinigung der bis anhin eingesetzten Porzellanvollkernisolatoren – im Tunnel jährlich, in den Portalbereichen sogar halbjährlich – zu verzichten. Da der Silikonverbundisolator mit den gleichen Anschlussmassen konzipiert wurde wie der sonst eingesetzte Porzellanisolator, konnten die bestehenden, bewährten übrigen Bauteile für das Tunneltragwerk problemlos verwendet werden (Bild 1).

Die durchaus positiven Betriebserfahrungen bestätigten die Richtigkeit der Entscheidung, den Silikonverbundisolator in allen Tunnels der BLS einzusetzen. Ein Grossteil der 40 km langen Tunnelstrecke wurde damit ausgerüstet. Obwohl die Isolatorenreinigung vollständig eingestellt wurde, hat nach rund 18 Jahren Betrieb kein einziger der 4000 Silikonverbundisolatoren eine Störung verursacht.

Verbundisolatoren als Phasenabstandhalter

Phasenabstandhalter werden vornehmlich an jenen Stellen von Freileitungen eingesetzt, an welchen entweder aus konstruktiven Gründen oder auch durch äussere Einflüsse Gefahr besteht, dass der erforderliche Abstand zwischen den Leitern zweier Phasen unterschritten wird, was zu einem Kurzschluss und somit zu einer Betriebsstörung führen würde. Eine Cigré-Umfrage [4] hat schon 1990 herausgefunden, dass 32 Netzbetreiber weltweit rund 13 000 Phasenabstandhalter im zum Teil langjährigen Betriebseinsatz (bis zu 20 Jahren zum Zeitpunkt der Umfrage) hatten, und zwar für praktisch alle Spannungsebenen. Fast ein Drittel der im obengenannten Bericht erfassten Phasenabstandhalter sind in der Schweiz installiert, und zwar in der Anwendung nach Bild 2.

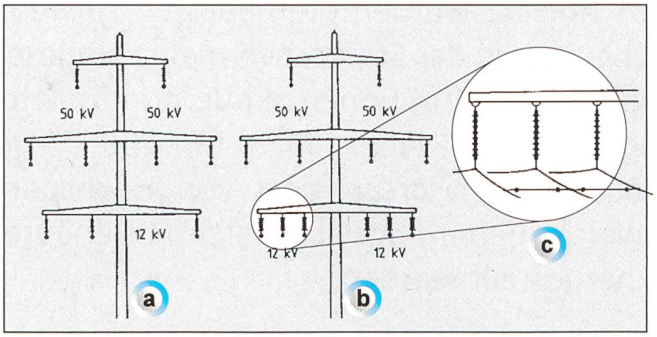

Bild 2 Silikonverbundisolatoren als Phasenabstandhalter

a MS-Leitung ohne Phasenabstandhalter
b, c MS-Kompaktleitung mit Phasenabstandhalter

Wie in jedem Industrieland – und nicht nur dort – ist es auch in der Schweiz aus den verschiedensten Gründen zunehmend schwierig, Durchleitungsrechte für neue Leitungstrassen zu erhalten. Eine mögliche Lösung, dieses Problem zu entschärfen, ist die Erhöhung der Übertragungsleistung von bestehenden Freileitungen, zum Beispiel durch das Aufbringen eines zweiten 12-kV-Stromkreises. Die ursprünglichen Betonmasttraversen konnten aber nur für einen 12-kV-Stromkreis die erforderlichen Luftabstände zwischen den Leitern in Spannfeldmitte garantieren (Bild 2, *a*).

Bild 3 Montage von 400-kV-Phasenabstandhaltern auf der Vorab-Leitung

Deshalb wurden geeignete Phasenabstandhalter aus Silikonverbundisolatoren konzipiert, welche zur Einhaltung der erforderlichen Leiterabstände etwa alle 40 m zwischen den Leitern angebracht werden (Bild 2, *c*) und damit eine Konfiguration nach Bild 2, *b* erlauben. Diese Lösung wurde erst mit den gegenüber Porzellanisolatoren viel leichteren Silikonverbundisolatoren möglich und wird jetzt aber seit fast 20 Jahren erfolgreich genutzt [5].

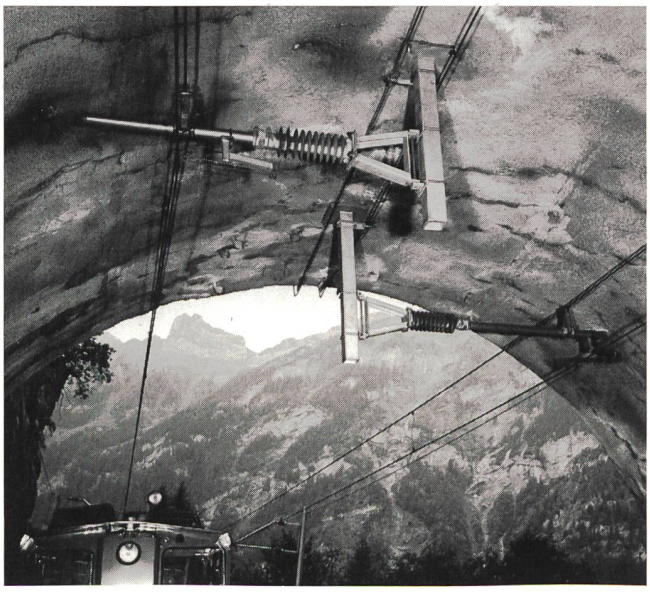

Bild 1 Fahrleitungs-Tunneltragwerke mit Silikonverbundisolatoren

Aufnahme im Bereich des Südportals des Lötschbergtunnels

Phasenabstandhalter verhindern Seiltanzen bei 400-kV-Leitung

Die höchstgelegene 400-kV-Leitung Europas befindet sich in der Schweiz auf dem Vorabgletscher. Aufgrund der besonderen klimatischen Verhältnisse, die dort herrschen, hat durch Eisabwürfe hervorgerufenes Seiltanzen bei einem bestimmten Spannfeld dieser Leitung in der Winterzeit regelmässig zu Betriebsstörungen (Kurzschlüsse sowie Leiter-

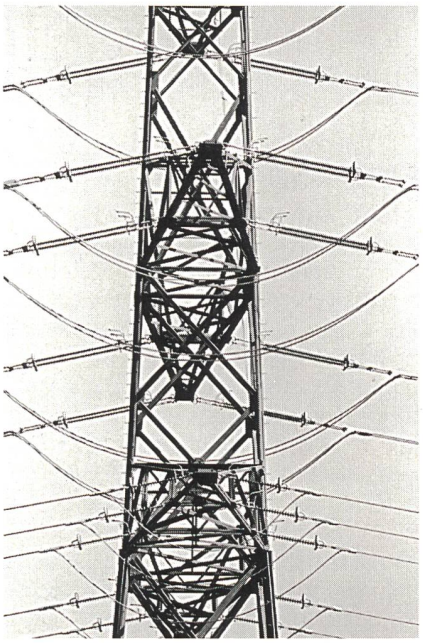

Bild 4 Silikonverbundisolatoren auf 400-kV-Leitung

schädigung durch Verdrillung und Zusammenklatschen) geführt, welche wegen der Unwegsamkeit des Geländes nur unter extremem Einsatz der Instandhaltungsmannschaften behoben werden konnten. Man hat sich deswegen entschlossen, in diesem Spannfeld Phasenabstandhalter einzusetzen, welche die vorgegebene Phasengeometrie auch unter extremen dynamischen Beanspruchungen aufrecht erhalten würden. Zur Lösung dieser anspruchsvollen Aufgabe kamen aus folgenden Gründen nur Verbundisolatoren in Frage: deren verhältnismässig leichtes Gewicht belastet die Leiterseile nicht übermässig und dank ihrer Elastizität können sie die auftretenden hohen Verschiebungen problemlos aufnehmen (Computersimulationen bestätigten Augenzeugenberichte, wonach bei plötzlichem Eisabwurf die Seile früher bis zu 20 m in die Höhe schnellten). Bild 3 zeigt die Montage der Phasenabstandhalter an einer aufgrund der Schwingungsverhältnisse ausgewählten Stelle auf der Vorab-Leitung.

Die einzelnen zwischen je zwei Leiterseilen zu montierenden Phasenabstandhalter sind zwischen 10 und 12 m lang und wiegen einschliesslich der Spezialarmaturen, welche eine Längsverschiebung und eine Verdrehung der Leiterseile zulassen, rund 100 kg. Sie bestehen aus jeweils vier oder fünf Silikonverbundisolatoren mit einem Strunkdurchmesser von ungefähr 80 mm. Inzwischen sind die Abstandhalter seit fünf Jahren in Betrieb, ohne dass eine einzige Störung an der früher gefährdeten Stelle aufgetreten ist.

400-kV-Leitungen mit Verbundisolatoren und umweltschonendem Mastbild

Die Anforderungen der Umwelt an die Hochspannungsfreileitungen sind in den letzten Jahren in qualitativer und in quantitativer Hinsicht stets gewachsen. So ist es zum Beispiel heute von entscheidender Bedeutung, schon bei der Planung einer Freileitung auf ein ansprechendes, umweltverträgliches Mastbild zu achten. Eine grosse Elektrizitätsgesellschaft der Westschweiz hat diesen Grundsatz in vorbildlicher Art und Weise bei neuen 400-kV-Leitungen realisiert. Als günstig erwies sich dabei der breite Einsatz von Silikonverbundisolatoren (Bild 4); der Verbundisolator mit einer Anschlusslänge von 3,0 m kann nämlich aus einem Stück gefertigt werden und ist um fast 1,5 m kürzer als die früher verwendeten Porzellanketten mit je drei Langstabisolatoren vom Typ LG 85/22/1470.

Wie sich die kleinere Länge von Hängeisolatoren positiv auf die Mastkonstruktion auswirkt, zeigt schematisch das Bild 5. Kürzere Isolatoren erlauben den Einsatz von kürzeren Traversen, ohne dass beim Ausschwingen das Risiko von Berührungen der Leiterseile mit dem Mast eingegangen wird. Dies hat zur Folge, dass die Torsionsbelastungen in den Traversen und im gesamten Mast re-

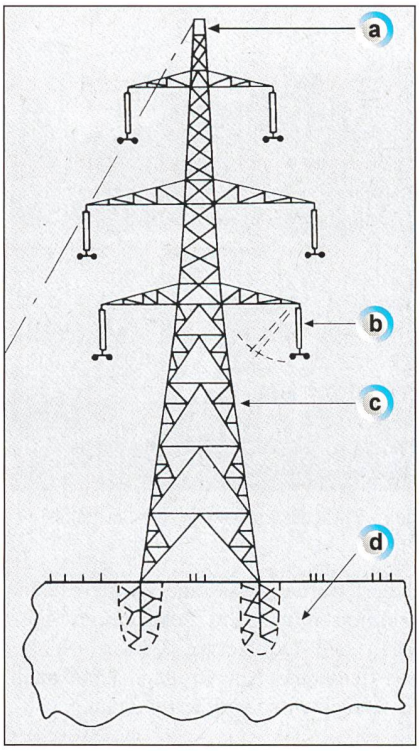

Bild 5 Einfluss der Isolatorenlänge auf die Mastkonstruktion

a kürzere Erdseilspitze
b kürzere Traversen, somit kleinere Torsionsbelastung
c kleinere Beanspruchung, somit weniger Stahl und gefälligeres Aussehen
d reduziertes Biege- und Torsionsmoment, somit kleinere Fundamente

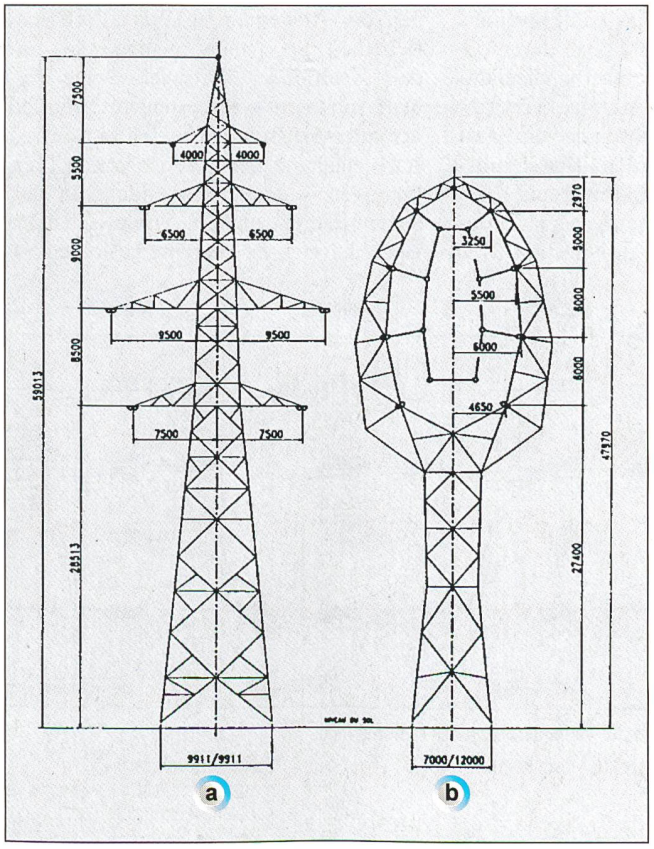

Bild 6 Tennisschlägermast und konventioneller Abspannmast im Grössenvergleich

a konventioneller Mast
b Tennisschlägermast: siehe Text

Bild 7 Reicht der Schwung für einen Volltreffer?

duziert werden, was eine leichtere Konstruktion mit einem gefälligeren Aussehen und reduzierten Kosten erlaubt. Aus geometrischen Gründen kann auch die Erdseilspitze verkürzt werden.

Tennisschlägermast mit Verbundisolatoren

Im Zuge der Planung für die oben beschriebene 400-kV-Leitung in der Westschweiz war es unumgänglich, einen Abspannmast mit minimalem Platzbedarf und minimaler Trassenbreite zu konzipieren. So ist der sogenannte Tennisschlägermast (pylône raquette) entstanden [6]. Die Realisierung des Mastkopfes war aus Gewichtsgründen nur möglich durch die Verwendung von Silikonverbundisolatoren. Durch deren gegenseitige Verspannung können die Seilabstände zum Mast exakt eingehalten werden. Der Tennisschlägermast ist 19% kürzer und 10% leichter als ein gleichwertiger konventioneller Mast und führt zu einer um 37% kleineren Trasse und somit zu um 50% tieferen Kosten für Durchleitungsrechte (Bild 6).

Verbundisolatoren sind auf dem Golfplatz nicht zu schlagen!

In einer Cigré-Umfrage über den weltweiten Einsatz von Verbundisolatoren [7] wurde unter anderem nach den Gründen gefragt, wieso überhaupt in vielen Fällen dieser Art von Isolatoren gegenüber den bewährten konventionellen Isolatoren aus Glas oder Porzellan der Vorzug gegeben worden war. Interessanterweise hatten damals rund 20% der Anwender vor allem aus den Vereinigten Staaten Verbundisolatoren wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Beschuss und Vandalismus gewählt. Das Beschussproblem ist in letzter Zeit auch in der Schweiz aktuell, wobei hier die Geschosse eher am Loch vorbei geschossene Golfbälle sind! So werden in der Nähe eines Golfplatzes im Zürcher Oberland die bisher gebräuchlichen Porzellanisolatoren, weil sie gelegentlich den Golfspielern zum Opfer fallen, durch Silikonverbundisolatoren ersetzt (Bild 7).

Verbundisolatoren in Freiluftschaltanlagen

Freiluftschaltanlagen bilden die neuralgischen Knoten jedes Verbundnetzes. Entsprechend hoch sind die Anforderungen der Anwender an deren Betriebssicherheit. So erstaunt es nicht, dass mit dem wachsenden Vertrauen in die Verbundisolatoren – insbesondere aufgrund der guten Erfahrungen bei ihrem weltweit stark zunehmenden Einsatz in den Freileitungen – deren Verwendung in den letzten Jahren auch in Freiluftschaltanlagen auf grosses Interesse gestossen ist. So ist es heute auf Kundenwunsch möglich, praktisch die gesamte Freiluftanlage in Silikonverbundtechnik auszuführen (Bild 8).

Sammelschienenstützer

Eine wichtige Anwendung von Verbundisolatoren in Freiluftanlagen ist deren Einsatz als Stützer für Rohrsammelschienen. So zeigt Bild 9 einen 123-kV-Stützer in Verbundtechnik, der seit rund fünf Jahren im Betrieb ist. Dieser Stützer besitzt einen GFK-Kern aus Vollmaterial mit einem Durchmesser von 76 mm. Damit erreicht er bei einer Gesamthöhe von 1150 mm eine Umbruchkraft von 8 kN. Der primäre Grund für seinen Einsatz war, dass an baugleichen Porzellanisolatoren Probleme an der Kittung der Fussarmaturen auftraten [8]. Inzwischen ist man in der Lage, auch

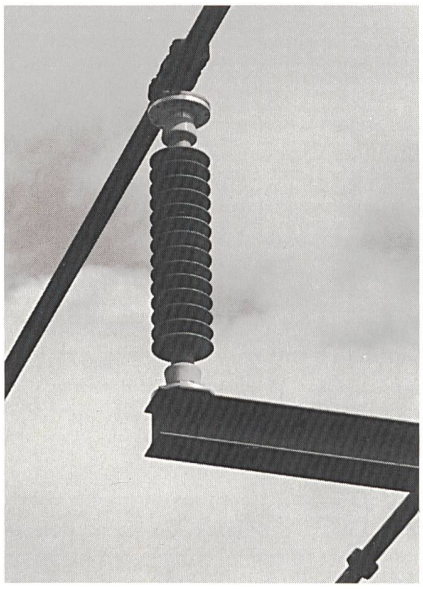

Bild 9 Stützer für Rohrsammelschienen (123 kV)

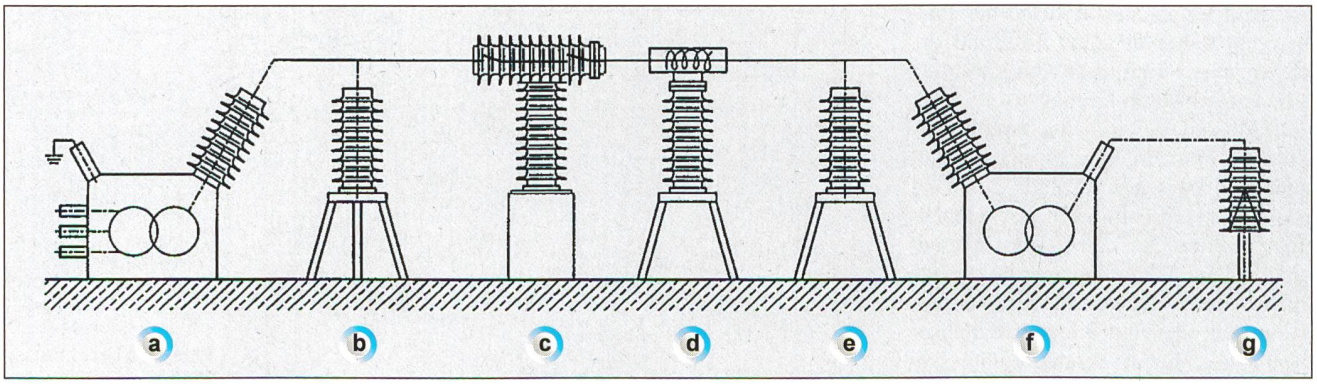

Bild 8 Mögliche Einsatzstellen für Verbundisolatoren in Freiluftanlage

a gesteuerte Durchführungen für Maschinentrafo (36/420 kV)
b Überspannungsableiter
c Life-Tank-Schalter
d Stromwandler
e Spannungswandler
f gesteuerte Durchführungen für Verteiltrafo (420/170 kV)
g Kabelendverschluss (170 kV)

einteilige Stützer für bis zu 400 kV zu fertigen, was mit Sicherheit neue Anwendungen auf diesem Gebiet zur Folge haben wird.

Durchführungen

In vermehrtem Masse wird auch die Konstruktion von Hochspannungsdurchführungen durch erhöhte Anforderungen an Betriebssicherheit, Verminderung des Schadensfallrisikos (Personen, Sachen) und nicht zuletzt durch ein stark gewachsenes Umweltbewusstsein beeinflusst. Die Berücksichtigung dieser Faktoren führte zu einer neuen Konzeption dieser wichtigen Komponenten auf der Basis der Verbundtechnik. Unter Anwendung von modernen Bauteilen aus hochwertigen Werkstoffen sowie durch eine sichere Beherrschung von deren Fertigung konnten die oben gestellten Anforderungen an Durchführungen erfüllt werden. Bild 10 zeigt 420-kV- und 220-kV-Transformatordurchführungen und Bild 11 GIS-Anlagen-Durchführungen für 123 kV in Verbundbauweise.

Überspannungsableiter

Überspannungsableiter waren mit von den ersten elektrischen Apparaten, die mit Silikonbeschirmung ausgeführt wurden, und zwar aus dem naheliegenden Grund ihrer Explosionssicherheit bei Überlastung. Der Vormarsch der ZnO-Technologie bei den Ableitern, welche die Technologie der Funkenstrecken-

Bild 10 Verbundisolatordurchführungen an 420/220-kV-Leistungstrafo

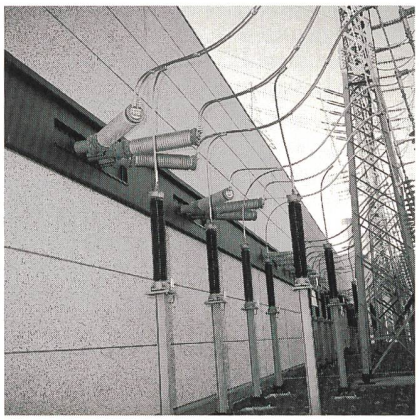

Bild 11 GIS-Anlagen-Durchführungen (123 kV)

ableiter ablöste, erleichterte die Realisierung von porzellanfreien Ableitern. ZnO-Ableiter werden heute entweder durch direkte Silikonbeschirmung des Aktivteils, was vor allem bei Spannungen bis 36 kV üblich ist [9], oder unter Verwendung eines glasfaserverstärkten, silikonbeschirmten Verbundrohrs als Isoliergehäuse für den Ableiter, vor allem für die höheren Spannungen (Bild 12), hergestellt.

Freiluftendverschlüsse für Kunststoffkabel

Die vielen Anwender und Befürworter des Hochspannungskabels mit extrudierter Massivisolation verlangten bald nach Endverschlüssen, welche den Merkmalen und Möglichkeiten des Kunststoffkabels richtig angepasst sind. So werden in der Schweiz schon seit 1974 aufschiebbare Silikonendverschlüsse entwickelt und erfolgreich im In- und Ausland eingesetzt (Bild 13). Freiluft-Kabelendverschlüsse mit Silikonbeschirmung zeichnen sich aus durch eine hohe thermische Stabilität und Beständigkeit gegen Ozon, Coronaentladungen, ionisierende Strahlung, Feuchtigkeit, Flammenwirkung, bei Industrieverschmutzung, im Eisenbahntunnel, in der Nähe von stark befahrenen Strassen, in hochalpinen und erdbebengefährdeten Gebieten – und damit durch Wartungsfreiheit, Betriebssicherheit und hohe Lebensdauer.

Strom- und Spannungswandler

Seit einigen Jahren werden Verbundrohrisolatoren als Gehäuse für Strom- und Spannungswandler in Freiluftausführung eingesetzt (Bild 14), und zwar an Stellen, wo besondere Anforderungen an die mechanische Festigkeit und Elastizität der Gerätegehäuse gestellt werden, beispielsweise bei Explosionsgefahr oder wo hohe mechanische Beanspruchungen wie Erdbeben, Vandalismus oder hohe Kurzschlusskräfte möglich sind. Isoliert aufgetretene Fehler, welche zu einer Wandlerexplosion führten und somit ein beachtliches Risiko für Personen- und Sachschaden darstellten [8], haben in letzter Zeit auch in der Schweiz zu einem verstärkten Einsatz von Wandlern in Verbundtechnik geführt.

Hochspannungsschalter mit Verbundisolatoren

Aus den verschiedenen, oben bereits genannten Gründen werden zunehmend auch Hochspannungsleistungsschalter – einschliesslich der dazugehörigen Steuerkondensatoren – und neuerdings auch Hochspannungs-Lasttrennschalter mit Verbundrohrisolatoren ausgerüstet (Bild 15). Als zusätzlicher Vorteil wird vor allem bei Leistungsschaltern die Möglichkeit bewertet, im Verbundrohr ein optisches Glasfaserkabel zur Übertragung von Mess- und Steuersignalen einzubauen.

Stand der Normung

Schon in einem früheren Übersichtsaufsatz zu den Erfahrungen mit Verbundisolatoren [10] wurde auf die Anstrengungen hingewiesen, welche unternommen werden, um im Rahmen der internationalen Gremien (Cigré, IEC) Empfehlungen und Normen für Verbund-

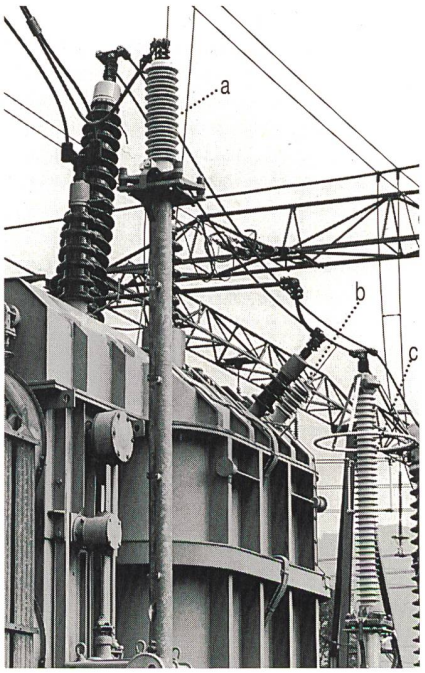

Bild 12 Trafoschutz mittels silikonbeschirmter Ableiter

a 44-kV-Ableiter, *b* 24-kV-Ableiter, *c* 170-kV-Ableiter

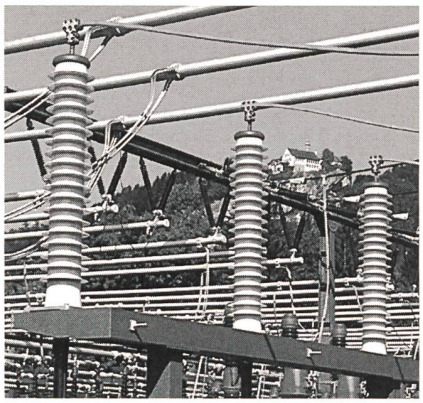

Bild 13 Endverschlüsse für PE-isolierte Kabel (110 kV)

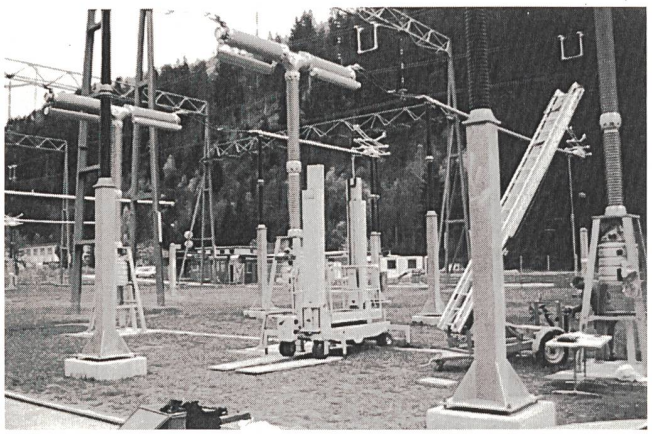

Bild 15 420-kV-63-kA-Leistungsschalter und Steuerkondensatoren mit Verbundrohrisolatoren

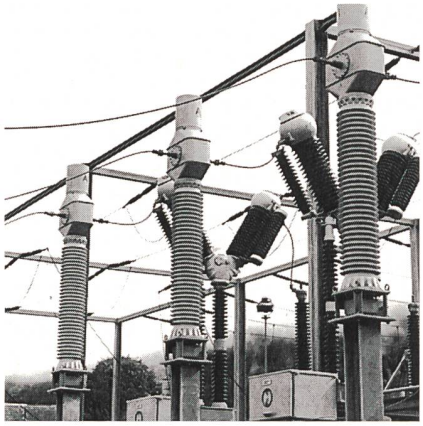

Bild 14 Stromwandler mit Verbundisolatoren (123 kV)

isolatoren zu erarbeiten und somit ihrem zunehmenden Einsatz Rechnung zu tragen. Inzwischen sind im Rahmen der zuständigen Cigré-Arbeitsgruppe mehrere wichtige Dokumente erstellt worden, welche Spezialfragen beantworten und den Anwendern konkrete Richtlinien für die Bemessung, die Auswahl und die Prüfung von Verbundisolatoren abgeben [11–14]. Als wichtigster Schritt im Rahmen der internationalen Normungstätigkeit dürfen die inzwischen erschienenen oder sich kurz vor der Fertigstellung befindenden IEC-Normen bezeichnet werden [15–19]. Auch auf dem Bahnsektor ist auf europäischer Ebene, im Rahmen des Cenelec, eine neue Arbeitsgruppe tätig, bei welcher – wie im übrigen auch bei den Cigré- und IEC-Arbeitsgruppen – Experten aus der Schweiz aktiv mitwirken, um eine entsprechende EN (Europäische Norm) zu erarbeiten [20].

Literatur

[1] *K. O. Papailiou:* Silikon in der Hochspannungstechnik. Bull. SEV/VSE 81(1990)15, S. 33–37.

[2] *M. Kocher:* Erfahrungen mit Silikonverbundisolatoren in den Tunneln der BLS Lötschbergbahn. Elektrische Bahnen 94(1996)11, S. 321–324.

[3] *M. Kocher und B. Furrer:* Die neue Fahrleitung der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS). Elektrische Bahnen 78(1980)11, S. 288–295.

[4] *Cigré Working Group 22.11:* Results of the Questionnaire on Interphase Spacers. Electra No. 143, August 1992, pp. 73–84.

[5] *R. Dätwyler:* Weitspannleitungen mit isolierenden Abstandhaltern. Bull. SEV/VSE 70(1979)4, S. 190–193.

[6] *M. Amman, P. de Weck et P. Faggiano:* Pylône Raquette. Paper 100-01, Cigré Symposium Leningrad, June 1991, pp. 288–295.

[7] *Cigré Working Group 22.03:* Worldwide Service Experience with HV Composite Insulators. Electra No. 130, 1990, pp. 67–77.

[8] *A. Frey und A. Meier:* Anforderungen an die Isolatoren aus der Sicht des Anwenders. ETG-Sponsortagung «Isolatoren für Freileitungen und Freiluftschaltanlagen», September 1990, S. 11–26.

[9] *B. Richter and W. Schmidt:* Metal-Oxide surge arresters with silicon housing for distribution systems. Proc. SEE Conf. on Applications of Non-Ceramic Outdoor Insulation, June 1994, pp. 73–80.

[10] *K. O. Papailiou, W. Fluri und A. Wermelinger:* Erfahrung mit Einsatz von Verbundisolatoren. Bull. SEV/VSE 81(1990)19, S. 11–18.

[11] *Cigré Working Group 22.03:* Use of stress control rings on composite insulators. Electra No. 143, August 1992, pp. 69–71.

[12] *Cigré Working Group 22.03:* Service performance of composite insulators used on HVDC lines. Electra No. 161, August 1995, pp. 53–57.

[13] *Cigré Working Group 22.03:* Review of «in service diagnostic testing» of composite insulators. Electra No. 169, December 1996, pp. 105–119.

[14] *Cigré Working Group 22.03:* Cantilever load performance of composite line post insulators. Electra No. 169, December 1996, pp. 121–127.

[15] Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria. IEC 1109, first edition, 1992-03.

[16] Composite string insulators units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – Part 1: Standard strength classes and end fittings. IEC 61466-1: 1997.

[17] Composite string insulators units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – Part 2: Dimensional and electrical characteristics. IEC 1466, Draft, November 1996.

[18] Composite insulators – Hollow insulators for use in outdoor and indoor electrical equipment: Definitions, test methods and acceptance criteria. IEC 1462, Ed. 1, Draft, November 1996.

[19] Composite line-post insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria. IEC 1952, Draft, November 1996.

[20] Special requirements for composite insulators. Cenelec prEN 50151, Draft, November 1996.

Les isolateurs composites gagnent du terrain

Applications des isolateurs en silicone composites en Suisse

L'article présente les applications les plus récentes des isolateurs en silicone composites, de plus en plus utilisés en Suisse également. Ces applications englobent d'intéressantes constructions à isolateurs composites pour lignes électriques ferroviaires, lignes moyenne tension mais aussi pour lignes aériennes haute tension 400 kV (fig. 1–7). Sont également présentées des solutions d'appareils haute tension pour installations extérieures, désormais également réalisés en boîtiers d'isolateurs tubulaires composites (fig. 8–15).

Une des raisons pour lesquelles les isolateurs composites sont si bien accueillis est la bonne tenue électrique du silicone même par fort encrassement [1] et l'insensibilité des isolateurs à la rupture en cas de sollicitations par choc en service. Les isolateurs d'extérieur à revêtement de silicone se distinguent par une haute stabilité thermique et une bonne résistance à l'ozone, aux décharges coronaires, au rayonnement ionisant, à l'humidité et à la flamme et, de ce fait, par une absence quasi-totale d'entretien, une haute fiabilité et une longue durée de vie utile.