Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 59 (1968)

Heft: 20

Artikel: Betriebserfahrungen mit den polyäthylen-isolierten Hochspannungskabeln im Netz des EW Altdorf

Autor: Germann, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916083

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: 02.10.2025

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

Erfahrungen mit Kunststoffkabeln

Bericht über die 33. Diskussionsversammlung vom 14. Dezember 1967 in Zürich und vom 4. Juli 1968 in Lausanne

Betriebserfahrungen mit den polyäthylen-isolierten Hochspannungskabeln im Netz des EW Altdorf

Von *E. Germann,* Altdorf

621.315.211.9.004.4

Wie aus den vorangegangenen Referaten zu entnehmen ist, weisen die modernen Kunststoffkabel einige interessante Vorzüge auf, die neue Einsatzmöglichkeiten eröffnen. Sie haben deshalb in internationaler Sicht bereits beachtliche Bedeutung erlangt. Trotzdem wird es vielfach noch als Wagnis betrachtet, Hochspannungkabel mit Polyäthylen-Isolation einzusetzen, und es sind offenbar auch, wie wir gehört haben, Misserfolge nicht ausgeblieben. Die bisher mit Kabeln dieser Bauart gewonnenen Betriebserfahrungen sind daher von allgemeinem Interesse.

Ohne nochmals theoretische Überlegungen anzustellen, möchte ich über die *rein praktischen Erfahrungen* in unserem Netz berichten und einige Anlagen erwähnen, bei denen sich der Einsatz des Polyäthylenkabels geradezu aufdrängte.

Das EW Altdorf verfügt heute wohl über die längste praktische Erfahrung, denn wir haben bereits im Jahre 1949 Polyäthylenkabel mit einer Betriebsspannung von 15 kV eingesetzt und seither über 30 km Dreiphasen-Kabelleitungen dieser Art verlegt. Dabei beträgt die Zahl der verlegten Einzelkabel etwa 150.

Damit Ihnen eine Vorstellung unserer Netzverhältnisse bekannt wird, gestatte ich mir, unseren Betrieb wie folgt zu umschreiben: Das EWA versorgt als Überlandwerk 17 Gemeinden, hauptsächlich im Kanton Uri und zum Teil in Schwyz und Nidwalden, mit elektrischer Energie direkt bis zum Abonnenten. Fünf weitere Gemeinde- oder Bezirkswerke stehen mit uns in einem Energieaustauschverhältnis. Die jährlich in unserem Betrieb umgesetzte elektrische Arbeit beträgt ungefähr 250 GWh. Dabei umfasst die Energieversorgung grössere und kleinere Ortschaften mit Industrien im Talboden, aber auch entlegene Bergheimwesen und Baustellen im Gebirge. Der höchstgelegene Leitungspunkt liegt auf über 2000 m ü. M.

Das gesamte Hochspannungsnetz weist eine Länge von 351 km auf; das Niederspannungsnetz eine Länge von nahezu 1000 km. Die Hochspannungsleitungen umfassen 8,5 km 150 kV-Freileitung, 95 km 50 kV-Frei- und Kabelleitungen. Auf das Mittelspannungsnetz mit einer Betriebsspannung von 15 kV entfallen 248 km Frei- und Kabelleitungen. Dabei beträgt die reine Kabellänge in diesem Netz 31,5 km. Der Anteil der Polyäthylenkabel beläuft sich heute auf 95 %. Die restlichen 5 % entfallen noch auf Papierbleikabel. Alle diese Kabel sind mit einer Nennspannungsreihe von 20 kV ausgelegt. Wir verwenden normalerweise flachdrahtarmierte Dreileiterkabel, die entweder als reine Kabelleitungen verlegt sind oder als Verbindung zwischen Freileitung und Transformatorstationen dienen. In besonderen Fällen ergänzt ein Kunststoffmantel die Flachdrahtarmatur.

In den 18 Jahren, seit denen Polyäthylenkabel in unserem Mittelspannungsnetz im Einsatz stehen, sind hauptsächlich drei nennenswerte Störungen aufgetreten:

Der 1. Fall betraf das Versagen einer Verbindungsmuffe, wobei sich nachträglich herausstellte, dass bei der damals angewendeten Lötverbindung eine Verlagerung des Kupferleiters infolge Erweichung der Polyäthylenmasse entstand. Nachdem seit etlichen Jahren bei Verbindungsmuffen die Presstechnik zur Anwendung gelangt, ist diese Fehlerquelle längst behoben. Die über 30 im Betrieb stehenden Verbindungsmuffen gaben denn auch nie mehr Anlass zu irgendwelchen Störungen.

Ein weiterer Kabeldefekt war die Folge eines direkten Blitzschlages in eine Freileitung, ab welcher ein 150 m langes Polyäthylenkabel ohne Überspannungsschutz in eine Transformatorenstation abgezweigt war. Das Kabel wies zahlreiche Durchschläge auf einer grösseren Länge zwischen Leiter und Aussenarmierung auf. Bei diesem Defekt kann nicht angenommen werden, dass ein Papierbleikabel diese Beanspruchung schadlos überstanden hätte. Zum mindesten hätte man mit einem Defekt des Endverschlusses rechnen müssen.

Der 3. Fall betraf Störungen an verschiedenen Punkten des 15 kV-Netzes infolge eines starken Gewitters, wobei neben anderen Schäden ebenfalls ein Defekt an einem Polyäthylenkabel entstand. Wie die Auswirkungen gezeigt haben, müssen hier durch Aufschaukelungen grosse Überspannungen entstanden sein. Zwar war das Kabelende auf der Freileitungsseite durch Ableiter geschützt. Auf der Stationsseite jedoch fehlten diese, obwohl weitere Kabel aus der Station auf andere Leitungsnetze führen. Ein absoluter Kabelschutz war daher nicht vorhanden.

Gewarnt durch diese und zahlreiche andere Gewitterstörungen, bei denen Polyäthylenkabel aber unbeschädigt blieben, haben wir uns frühzeitig dazu entschlossen, den Überspannungsschutz in unserem Mittelspannungsnetz systematisch auszubauen. Jahr für Jahr wurden jeweils die neuralgischen Punkte mit Ableitern versehen, wobei wir darauf tendierten, nebst den Transformatorenstationen auch die Kabelleitungen in den Schutzbereich einzubeziehen. Wir können heute feststellen, dass sich diese Massnahme tatsächlich gelohnt hat: Störungen an Stationsausrüstungen und Kabeln sind seit längerer Zeit ausgeblieben. Dabei kamen Polyäthylenkabel auch an sehr gewitterexponierten Stellen zum Einsatz. Die 15 kV-Freileitung Riemenstalden–Fronalpstock endet mit einem zirka 100 m langen Polyäthylenkabel in der Trafostation einer unterirdischen Anlage direkt auf dem Gipfel, 1922 m ü. M. Das Kabel ist sowohl leitungs- wie stationsseitig durch Ableiter mit 10 kA Ableitvermögen geschützt und steht seit 1953, trotzdem es unzähligen Gewittern ausgesetzt war, störungsfrei in Betrieb.

Wenn man berücksichtigt, dass wir die grosse Entwicklungsgeschichte des Kunststoff-Hochspannungskabels praktisch von Anfang an mitgemacht haben, kann unsere Fehlerstatistik sicher als positiv bewertet werden. *Den Schritt zum Polyäthylenkabel mussten wir daher nie bereuen,* beson-

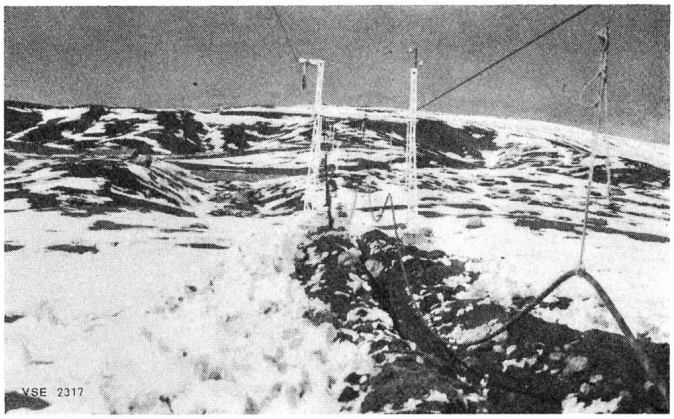

Fig. 1
Verlegung eines PE-Hochspannungskabels mittels Skilift im Steilhang

ders auch deswegen nicht, weil die früher verwendeten Papierbleikabel häufig durch Bleimantelrisse, undichte Kabelendverschlüsse und durch Zertrümmerung der Porzellanteile am Endverschluss bei Gewittern auch nicht schadenfrei blieben.

Die Hauptgründe, die uns aber schon frühzeitig dazu veranlasst haben, diese Kabelart einzusetzen, sind mehrfacher Art:

Einmal schien es uns angezeigt, einem Kabelwerk unseres Versorgungsgebietes, welches für uns einen bedeutenden Energiebezüger darstellt, eine Chance zu geben. Besonders war es aber gerade für unseren Betrieb von grossem Interesse, die zahlreichen offensichtlichen Vorzüge der Kunststoffkabel auszunützen.

Die ausserordentlich *günstigen Gewichtsverhältnisse* haben uns das Transportproblem in den Bergen schon wiederholt entscheidend erleichtert. Bei limitiertem Transportgewicht lassen sich grössere Längen transportieren, wodurch schon manche Verbindungsmuffe und damit Material und Montagekosten eingespart werden konnten.

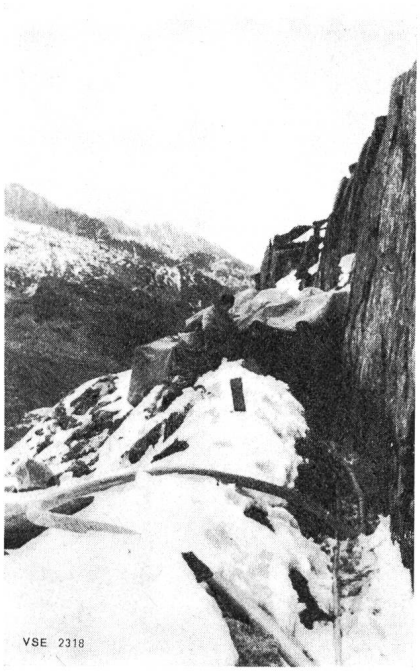

Fig. 2
Verlegung eines PE-Hochspannungskabels bei topographisch und klimatisch ungünstigen Verhältnissen

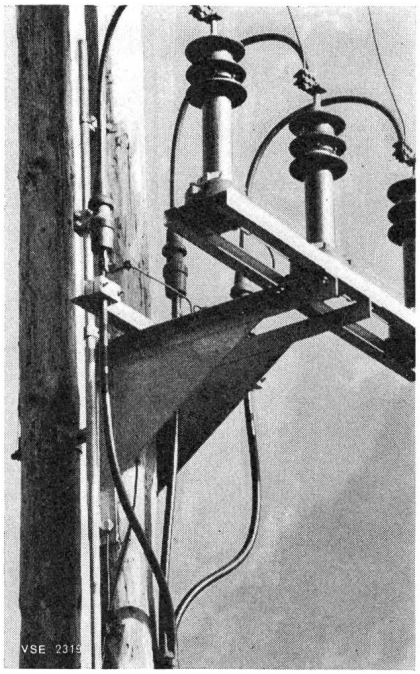

Fig. 3
PE-Kabelabgang ab 15 kV-Freileitung

In unserem Netz gilt es, häufig *beträchtliche Höhendifferenzen* mittels Kabelleitungen zu überwinden. Hier kommt der Massiv-Isolation des Polyäthylenkabels grosse Bedeutung zu. Masseabwanderungen und Mantelblähungen sind ausgeschlossen, und selbstverständlich fallen auch die Sperrmuffen weg. Die grösste Höhendifferenz, über welche wir bis heute eine Polyäthylenkabelverbindung herstellten, beträgt 333 m.

Aber auch bei flachverlaufenden Trassen wirkt sich die Massiv-Isolation positiv aus, *indem periodische Kontrollen* des Massestandes in den Endverschlüssen und die damit verbundene *Unterhaltsarbeit unterbleiben* kann. Dies ist besonders bei unserem weitverzweigten Mittelspannungsnetz mit zum Teil fernbedienten Stationen und bei den während der Winterszeit oft sehr erschwerten Zutrittsverhältnissen von grosser Bedeutung.

Polyäthylenkabel können bis zu einer *Temperatur von minus 5 °C* noch bedenkenlos verlegt werden. Dies ist ein Vorteil, der uns schon wiederholt zustatten kam, da der Zeitpunkt der Verlegung nicht immer beliebig ausgewählt werden kann. Die Lagerung des Kabels in einem geheizten Raum, unmittelbar vor der Verlegung, oder eine Kabelaufheizung ist im Gebirge mindestens nicht immer möglich oder erweist sich als umständlich und zeitraubend.

Von grossem Vorteil sind schliesslich auch die *kleinen und leichten Endgarnituren,* die zur Feldsteuerung an den Kabelenden angebracht werden. Wir haben mit ihnen sehr gute Erfahrungen gemacht und benützen bei Kabelabgängen ab Freileitungen immer dieselbe Anordnung. Auch im Innenraum gestatten diese Endgarnituren zweckdienliche und sehr raumsparende Anordnungen. Der günstige Preis und die kurze Montagedauer dieser Endgarnituren fällt kostenmässig besonders bei kurzen Kabelverbindungen ins Gewicht.

Im Gegensatz zu den Endgarnituren, die wir durch eigenes Personal montieren lassen, beauftragen wir für Kabelspleissungen stets den Kabellieferanten, erfordert die angewendete Technik doch einige Übung. Vorteilhaft erweist sich dabei, dass der *Zeitaufwand für Kabelspleissungen* rela-

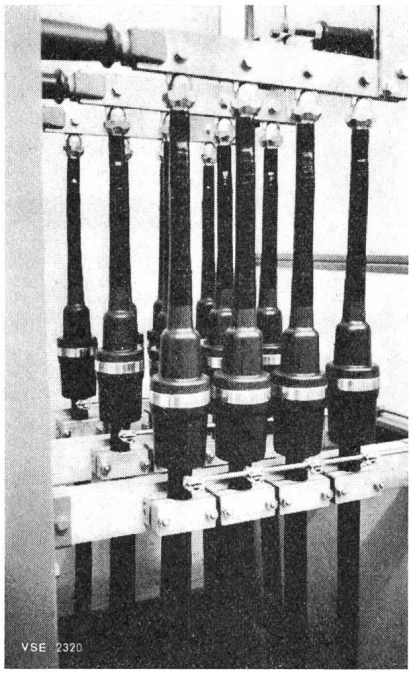

Fig. 4
Endgarnituren von parallel geschalteten Generatorkabeln

tiv gering ist. Wir hatten vor kurzer Zeit einen Fall, bei dem ein Betriebsunterbruch von höchstens drei Stunden in Kauf genommen werden konnte. Obwohl es galt, ein Dreileiter-Polyäthylenkabel mit einem Papierbleikabel zu verbinden, wobei allerdings das freie Ende des Polyäthylenkabels entsprechend vorbereitet war, konnte die Wiedereinschaltung innert nützlicher Frist erfolgen. Die mit einem Wickel aus Polyäthylenband isolierten Spleißstellen sind nach unseren Erfahrungen keineswegs als schwache Stelle in der Leitung zu betrachten.

Während wir früher die Kabel nach alter Methode in die geöffneten Kabelgräben eingelegt und mit Decksteinen abgedeckt haben, sind wir seit etwa 10 Jahren in den Ort-

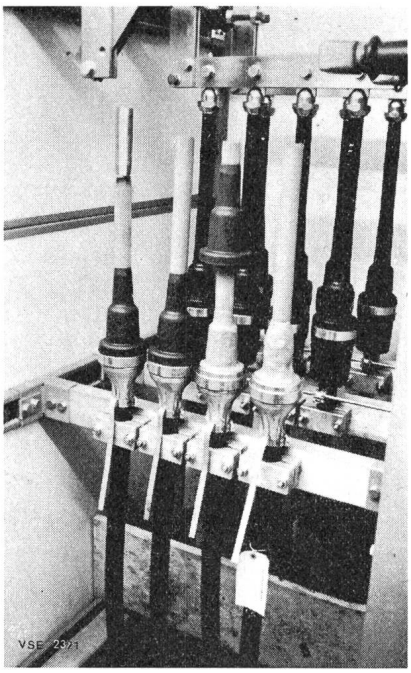

Fig. 5
PE-Kabel-Endgarnituren in Montage

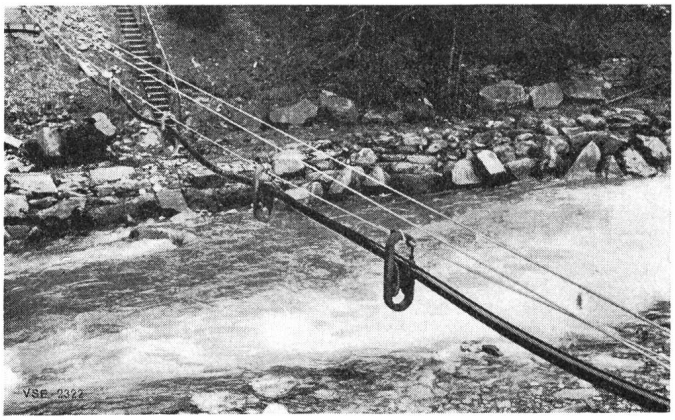

Fig. 6
Kabelzug über die Reuss bei Amsteg

schaften dazu übergegangen, die Kabel in vorher verlegte Rohrtrassen einzuziehen. An Winkelpunkten werden dabei Kabelschächte eingebaut. Die Gründe, welche uns zu dieser etwas kostspielig scheinenden Verlegungsart geführt haben, sind folgende:

Einmal hat uns das kantonale Strassenbauamt untersagt, neuerstellte Hauptstrassenzüge wieder aufzubrechen. Dann bestand der Vorteil, dass die Kabelrohranlage gleichzeitig mit dem Strassenbau und andern unterirdischen Versorgungsnetzen und unabhängig von einem späteren Kabelzug erstellt werden konnte. Schliesslich garantiert eine gut projektierte Kabelrohranlage das spätere Auswechseln von Kabeln ohne Schwierigkeit. Neuerdings verwenden wir bei komplizierten Kabeltrassen z. B. Geländeeinschnitten und Bachunterführungen, Kunststoffrohre mit gutem Erfolg. Die Kabel werden mittels flexiblem Stahlseil mit einer Zugmaschine in die Rohranlagen eingezogen. Dieser mechanische Einzug vermindert den Personalaufwand ganz bedeutend. Bei dieser Methode sind die Kabel aber oft ganz erheblichen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Hier erweist sich das *Polyäthylenkabel dem Papierbleikabel* als eindeutig *überlegen.*

Das geringere Gewicht des Polyäthylenkabels hat nicht nur kleinere Zugkräfte zur Folge, sondern es erweist sich auch bedeutend unempfindlicher gegen Torsion und tangentialen Druck, weshalb wir bisher immer mit einer einfachen Flachdrahtarmierung auskommen konnten.

Ich erinnere mich eines Falles, bei dem infolge schlechter Verlegung der Zementrohre schliesslich mit einer zweiten Zwischenwinde gezogen werden musste, so dass das Kabel in den Krümmungsradien arg deformiert wurde. Trotzdem hat eine Nachmessung keine Verschlechterung der Isolationswerte ergeben, und das Kabel funktioniert seit 3 Jahren einwandfrei. Beim Einzug von 4 in einer gemeinsamen Rohranlage verlegten, genau gleich langen Polyäthylenkabeln gleichen Querschnitts, haben wir verschiedene Schmiermittel verwendet und die dabei aufgetretenen Zugkräfte auf der Zugmaschine während dem ganzen Kabelzug laufend notiert. Dabei hat sich herausgestellt, dass Talkum-Pulver nur unbedeutend zur Zugverringerung beigetragen hat und eine erstmals verwendete Vaseline-Paste die kleinsten Zugkräfte ergab. *Es muss hier erwähnt werden, dass Kabel mit einem Polyäthylenaussenmantel nicht mit mineralischen Ölen geschmiert werden dürfen.*

Fortsetzung in einer der nächsten Nummern