

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 59 (1968)
Heft: 21

Artikel: Betriebserfahrungen mit den polyäthylen-isolierten Hochspannungskabeln im Netz des EW Altdorf
Autor: Germann, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916087>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Erfahrungen mit Kunststoffkabeln

Bericht über die 33. Diskussionsversammlung des VSE 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

Fortsetzung aus Nr. 20/68

Das längste von uns in einem Stück eingezogene Polyäthylenkabel misst bei einem Querschnitt von $3 \times 70 \text{ mm}^2$ 720 m. Die grösste eingezogene Kabellänge für $3 \times 95 \text{ mm}^2$ Querschnitt beträgt dagegen nur 565 m, bei einem Kabelgewicht von 4740 kg. Vergleichsweise wiegt ein entsprechendes Papierbleikabel gleichen Querschnitts, gleicher Länge und gleicher Nennspannungsreihe 7850 kg, was einem Mehrgewicht von 165 % entspricht.

Wir hätten es keineswegs gewagt, ein Kabel mit diesem Gewicht in einer einzigen Länge zu verlegen. Es sei aber beigefügt, dass der Schwierigkeitsgrad des Kabeltrasses und die Anzahl der vorhandenen Richtungsänderungen die Zugkräfte beim mechanischen Zug stark beeinflussen und daher die Einzugslänge entsprechend abgewogen werden muss.

In verschiedenen Transformatorstationen haben wir an Stelle von blanken Sammelschienen polyäthylenisolierte Hochspannungsleiter verwendet. Es sind dies nicht abgeschirmte Einleiterkabel, die sehr geringe Distanzen zwischen den Phasen und gegen Erde gestatten, was uns eine bedeutende Einsparung an Bauhöhe gebracht hat.

Diese Tatsache erhält um so mehr Bedeutung als in

den Städten und Dörfern heute vielfach Transformatorstationen nicht mehr einzeln aufgestellt werden können, sondern häufig in Kellern von Gebäuden untergebracht werden müssen, wobei nur eine beschränkte Geschosshöhe zur Verfügung steht. Das Polyäthylenkabel hat uns hier eine preisgünstige Lösung ermöglicht.

Wir sind uns bewusst, dass die im Laufe der Zeit erzielten konstruktiven und materiellen Verbesserungen am Polyäthylenkabel eine absolute Notwendigkeit darstellten, damit die erwähnten Vorzüge erst richtig zur Geltung gebracht werden konnten. Den ersten, noch mit Bleimänteln versehenen Poly-

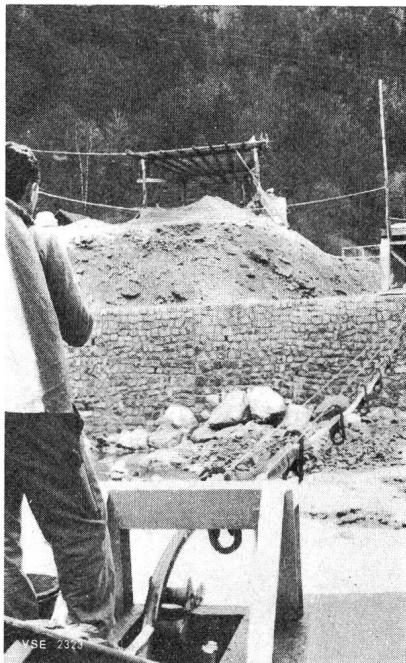


Fig. 7

Flussüberquerung als Seilaufhängung ausgeführt und anschliessend Einzug in Rohranlage eines 20 kV-PE-Dreileiterkabels

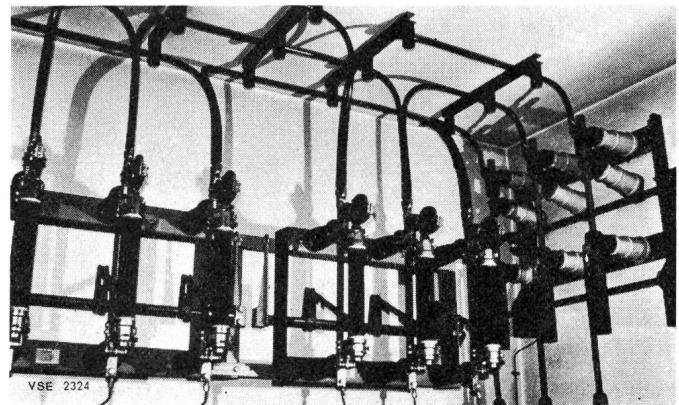


Fig. 8

PE-isolierte Hochspannungsleiter ohne Abschirmung in Transformatorstation

äthylenkabeln hafteten allzu viele Mängel des Bleimantels an. Dem heute verwendeten Kabel stellen sich nach unseren Erfahrungen in dieser Hinsicht keine Probleme mehr. Aus dem Kabelaufbau geht hervor, dass konstruktiv alle Massnahmen ergriffen worden sind, um die schädlichen Hohlräume am Rande der Isolation auszuschliessen, von denen mein Vorredner gesprochen hat. Schon seit Jahren setzen wir Kabel ein, die mit dem sogenannten Leiterschirm ausgerüstet sind. Als bedeutender Fortschritt ist zu betrachten, dass dieser Leiterschirm seit einiger Zeit nun wie die Isolation ebenfalls aus Polyäthylen besteht, jedoch dank Beimischung von Russ elektrisch leitend ist und zusammen mit der Isolation in einem Arbeitsgang auf den Kupferleiter aufgespritzt wird. Dadurch verschweissen Leiterschirm und Isolation zu einer homogenen Einheit, so dass weder durch das Temperaturspiel im Betrieb noch durch die mechanische Bewegung beim Kabelzug Hohlräume unter der Isolation entstehen können. Auf der Isolationsoberfläche erfüllt eine feine, leitende Graphitschicht den gleichen Zweck und über-

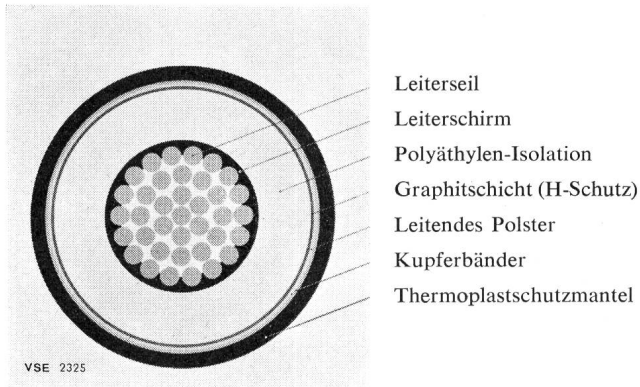


Fig. 9
Aufbau eines PE-Hochspannungskabels

nimmt die eigentliche Funktion des Höchststaderschutzes. Das fertige Einleiterkabel wird ergänzt durch leitendes Polsterband, Kupferband und Polyäthylenmantel.

Die zulässige Dauertemperatur beträgt beim Polyäthylenkabel 60 °C, und da die Wärmeleitfähigkeit des Polyäthylens um 60 % höher ist als die der Papier-Masse-Isolation, ergibt sich auch eine höhere Strombelastbarkeit für das Polyäthylenkabel. Wir haben diese Möglichkeiten bei wichtigen Kraftwerk-kabeln voll ausgenutzt, ohne dass sich die Thermoplastizität des Isoliermaterials nachteilig ausgewirkt hätte.

Es darf von Ihnen, meine Herren, auch angenommen werden, dass in unserem Mittelspannungsnetz während 18 Jahren verschiedentlich Kurzschlußströme über Polyäthylenkabel geflossen sind. Wir haben bis heute aus diesem Grund noch keinen Schaden feststellen müssen, obwohl die Leiterquerschnitte nicht grösser gewählt wurden, als dies bei Papierbleikabeln erforderlich wäre. Offensichtlich erhöht der sehr wärmebeständige Leiterschirm die Kurzschlussfestigkeit des Polyäthylenkabels, so dass zur Beurteilung nicht allein der Erweichungspunkt des Isoliermaterials massgebend sein kann.

Unser Mittelspannungsnetz ist mit Leistungsschaltern mit

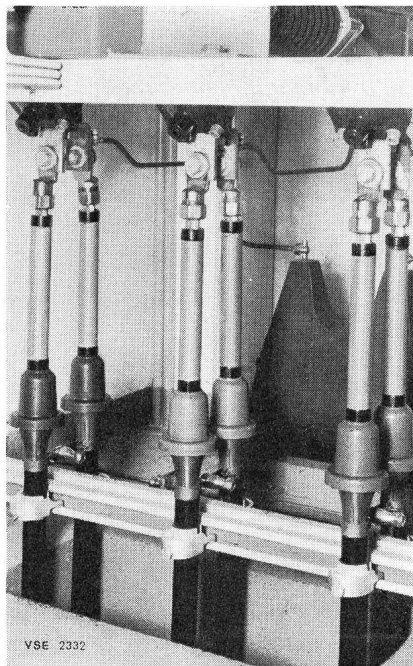


Fig. 10
Endgarnituren von Generatorkabeln

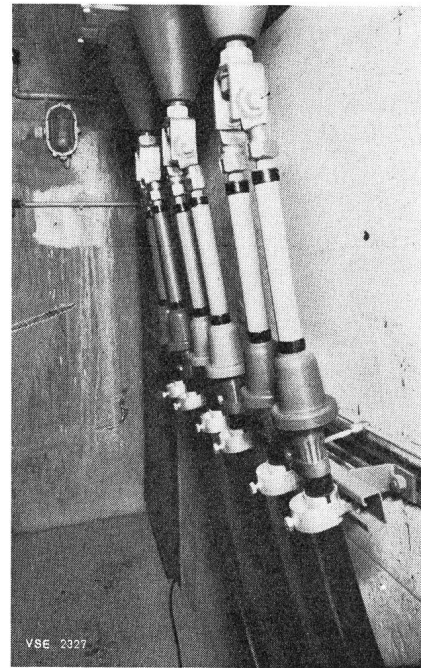


Fig. 11
Abgang ab Generatorklemmen

Schnellwiedereinschaltung ausgerüstet. Während die erste Ausschaltung momentan erfolgt, sind bei der Wiedereinschaltung je nach Aufstellungsort 0,3 bis max. 1,5 Sekunden Einschaltzeit in Betracht zu ziehen, wobei die Eigenschaltzeiten der Schalter noch hinzugerechnet werden müssen. Entsprechend den Kurzschlussleistungen sind die Kabelquerschnitte abgestuft. Mit der gegenwärtig grössten Kurzschlussleistung von 260 MVA (später 350 MVA) ist beim neuen Kraftwerk Bürglen zu rechnen. Die hier abgehenden Kabel weisen durchwegs einen Querschnitt von $3 \times 95 \text{ mm}^2$ auf. In entfernteren Netzpunkten verwenden wir Querschnitte von $3 \times 50 \text{ mm}^2$ und in Seitennetzen als kleinsten Querschnitt $3 \times 35 \text{ mm}^2$.

Mit wachsender Betriebserfahrung ist unser Vertrauen in das Polyäthylenkabel stets grösser geworden. Wir haben allerdings Kenntnis davon, dass die Erfahrungen anderer Werke nicht so positiv ausgefallen sind und haben nach einer Erklärung gesucht. So bleibt mir nachzutragen, dass wir wohl bereits vor 18 Jahren die ersten Polyäthylenkabel eingesetzt haben, jedoch zögernd und mit Vorsicht ans Werk gegangen sind.

Vom Polyäthylen-Bleimantelkabel wurden nur geringe Mengen verwendet, und auch bei den ersten Kunststoff-

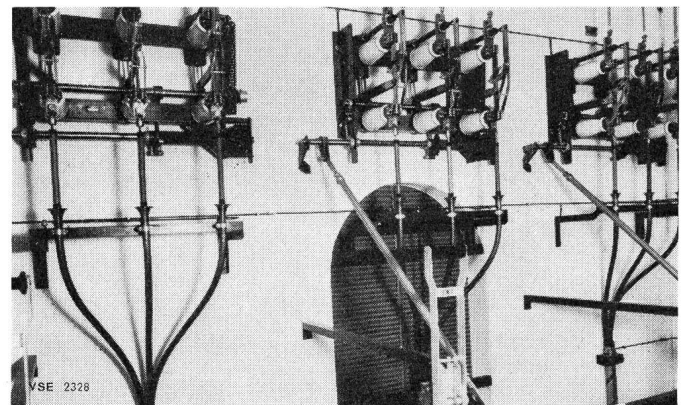


Fig. 12
Kabelabgang aus den Anfängen der PE-Kabeltechnik

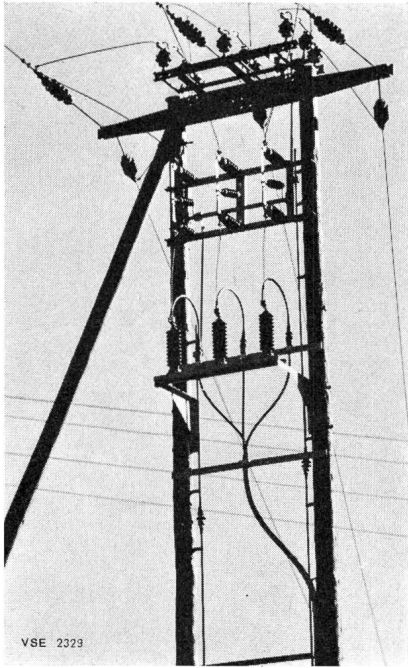


Fig. 13
Durch Ableiter geschützter Kabelgang
ab Freileitung

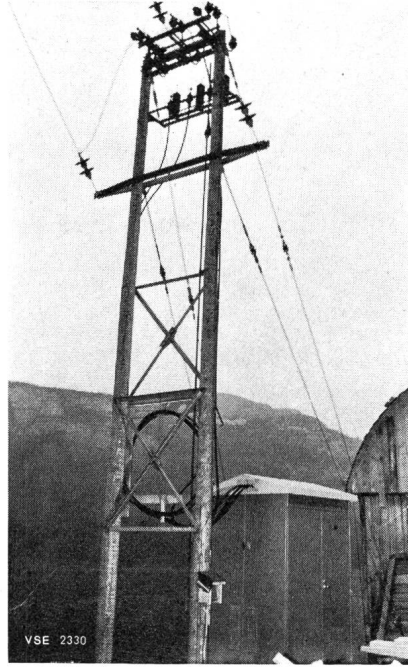


Fig. 14
Transportable Blockstation mit
konfektionierten PE-Speisekabeln

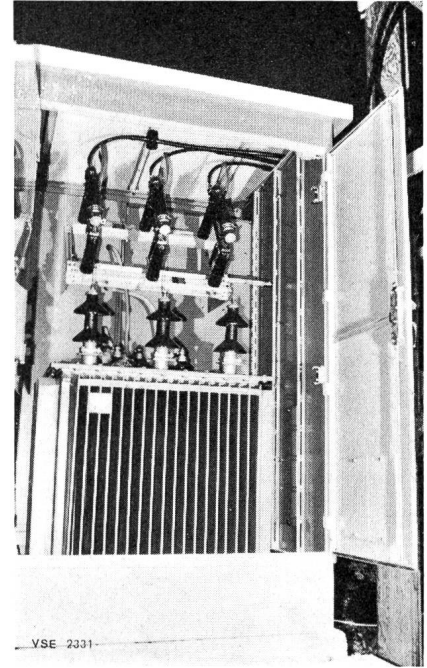


Fig. 15
Innenansicht einer transportablen Blockstation

mantelkabeln wurde Zurückhaltung geübt. Aber seit mehreren Jahren verwenden wir im 15 kV-Bereich ausschliesslich Polyäthylenkabel.

Die ersten Endgarnituren waren ebenfalls nicht besonders vertrauenerweckend, und wir haben sie seither teilweise ausgewechselt. Es stehen aber einige davon noch heute in Betrieb. Besonders die Wasserfestigkeit der Polyäthylen-Isolation scheint man ursprünglich zu optimistisch beurteilt zu haben. Hier kann den Fabrikanten ein Vorwurf kaum erspart bleiben. Wir waren in dieser Beziehung sehr vorsichtig, indem wir Aussenendabschlüsse gegen das Eindringen von Wasser in die Kabeladern durch entsprechende Ausformung grosser Radien vor den Endabschlüssen verhinderten. Diese Massnahme dürfte uns zweifellos Ausfälle erspart haben.

Vorübergehend haben wir auch Porzellan-Endverschlüsse an Polyäthylenkabeln ausprobiert, damit jedoch gleich negative Erfahrungen gemacht wie die AEW. Spalten zwischen Ausgussmasse und Porzellan haben zu Störungen geführt, so dass wir bald zu den Endgarnituren mit Polyäthylenhauben zurückgekehrt sind. Hunderte solcher Enden im Freien und im Innenraum funktionieren in unserem Netz seit etlichen Jahren einwandfrei. Voraussetzung dazu bildet allerdings eine sorgfältig ausgeführte Montage.

Der Ausbau des Überspannungsschutzes in unserem Mittelspannungsnetz erfolgte zwar nicht nur im Hinblick auf die Polyäthylenkabel, sondern galt allgemein der Reduktion von Unterbrüchen. Wir machen ihn aber am guten Ergebnis mitverantwortlich.

Grosse Bedeutung kommt der richtigen Platzierung der Ableiter zu. Versuche am Netzmodell der Firma Sprecher & Schuh haben uns darüber wertvollen Aufschluss gegeben. Ich verweise auf die bereits durch Herrn Oberingenieur Homberger erwähnten Mitteilungen vom Juli 1967 dieser Firma.

Eine hohe gleichbleibende Kabelqualität kann nur durch

entsprechende Fabrikationsmethoden gewährleistet werden. Die Tatsache, dass modern eingerichtete Fabrikationsstrassen zur Verfügung stehen, hat uns überzeugt, dass zumindest einzelne schweizerische Kabelwerke gewillt sind, mit der Entwicklung auf internationaler Ebene Schritt zu halten. Ohne diese Einstellung wären unsere Betriebserfahrungen kaum so positiv ausgefallen.

Bau und Betrieb der Nationalstrasse Nr. 2 wird uns in den nächsten Jahren vor zahlreiche Aufgaben stellen. Auf Grund unserer Erfahrungen werden wir zur Anspeisung der benötigten Transformatorenstationen für Beleuchtung und Belüftung Polyäthylenkabel in grossen Längen einsetzen, weil wir uns, dank ihrer Vibrationsbeständigkeit, auch erhöhte Betriebssicherheit versprechen; führen doch die Kabeltrassen abwechselnd durch Tunnels, über Brücken und Lehnenviadukte.

Um die zahlreichen Baustellen an der Gotthard- und Nationalstrasse möglichst rasch mit elektrischer Energie zu versorgen, haben wir für Leistungen bis 250 kVA transportable Blockstationen angeschafft. Der Anschluss vom Freileitungsnetz an diese Stationen erfolgt mit Polyäthylen-

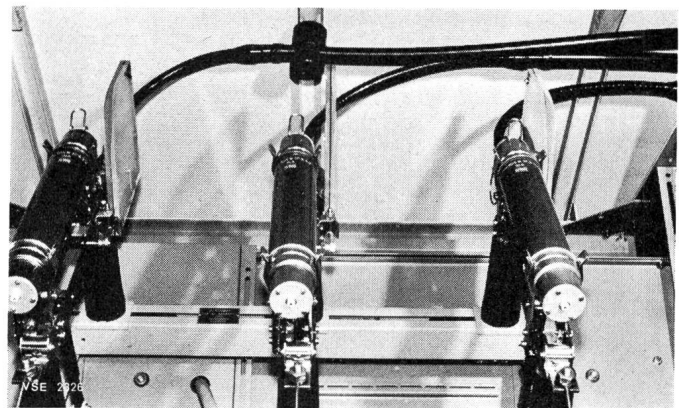


Fig. 16
Kabeleinspeisung in Blockstation

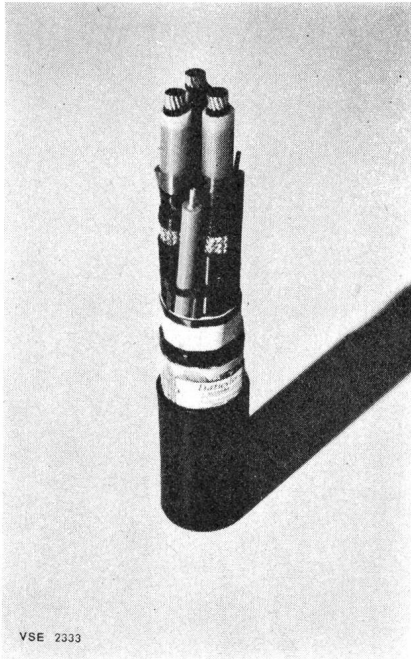


Fig. 17

PE-Hochspannungskabel mit Steueradern zur Energieversorgung eines Schwimmbaggers

Einleiterkabeln, welche beidseitig mit vorfabrizierten Endgarnituren ausgerüstet sind. Diese Lösung erlaubt uns, die Kabel ohne Demontage der Enden neuerdings an einem andern Ort wieder einzusetzen.

Schliesslich möchte ich eine Spezialanwendung des Polyäthylenkabels als elektrische Verbindung zu einer grossen schwimmenden Greifbagger- und Kiesaufbereitungsanlage im Urnersee nicht unerwähnt lassen, handelt es sich doch unseres Wissens um die grösste Anlage dieser Art in der Schweiz und um die einzige, welche über Hochspannung vom Ufer aus mit elektrischer Energie versorgt wird. Diese schwimmende Schotterfabrik gewinnt und verarbeitet bis 120 m tief im Seegrund abgelagertes Gesteinsmaterial zu hochwertigem Betonschotter, wobei eine Stundenleistung von 240 m³ erreicht und der Kies direkt auf Transportschiffe verladen wird. Die Energieversorgung erfolgt vom Ufer aus über ein speziell angefertigtes Seekabel mit Polyäthylen-Isolation, bei einer Betriebsspannung von 4,3 kV. Im Schiffsrumpf lassen sich 800 m dieses Kabels auf einer mächtigen Trommel aufwickeln. Die beiden Transformatorstationen, mit zusammen 1600 kVA Leistung, werden von dieser Trommel aus über Schleifringe, ebenfalls mit Polyäthylen-Zuführungskabeln versorgt. Die Anlage verfügt mit dieser Einrichtung über einen Aktionsradius von etwa 1100 m. Damit vom Schiff aus das Kabel ausser Betriebszeit an der Uferseite abgeschaltet werden kann, sind drei Steueradern gemeinsam mit den Hauptadern verseilt. Die ganze Anlage arbeitet vollautomatisch, wobei die beiden Greiferanlagen über Echolot gesteuert sind. Die Betriebsaufnahme erfolgte im Sommer 1966. Die Anlage arbeitet bis heute einwandfrei.

Im 50 kV-Bereich sind unsere Erfahrungen mit Polyäthylenkabeln bisher gering. Wir verwenden solche als Einleiterkabel zwischen den Schaltern und Transformatoren in

den Kraftwerken Isenthal und Bürglen sowie in einer Unterstation. Für die vor einem Jahr erstellte Kabelverbindung von Bürglen nach Altdorf haben wir ein 50 kV-Oeldruckkabel verwendet. In der Folge sind bei diesem Kabel Oelverluste aufgetreten, die auf einen Riss im Bleimantel im untersten Streckenabschnitt, wo der Oeldruck ungefähr 7 Atm. beträgt, zurückzuführen sind. Es musste ein Abschnitt von 200 m Länge ersetzt werden, wobei diese komplizierte Arbeit einen Betriebsunterbruch von 10 Tagen zur Folge hatte. Dabei kam uns sehr zustatten, dass auch dieses Kabel in einer Rohranlage verlegt war. Dieser Vorfall wirft bei uns das sehr aktuelle Problem einer möglichen Gewässerverschmutzung durch austretendes Oel solcher Kabel auf. Wir erwägen deshalb für weitere projektierte 50 kV-Leitungen ebenfalls den Einsatz von Polyäthylenkabeln, die uns sowohl bei der Montage wie im Betrieb weniger Probleme aufgeben. Es sei hier noch erwähnt, dass wir für ein neues Projekt zur Verlegung eines Kabels im Urnersee die Genehmigung nur unter der Voraussetzung erhalten konnten, dass Kunststoffkabel verwendet werden.

Auf alle Fälle hat sich das Polyäthylenkabel¹ in unserem Mittelspannungsnetz sehr gut bewährt. Zwar sind Kinder-

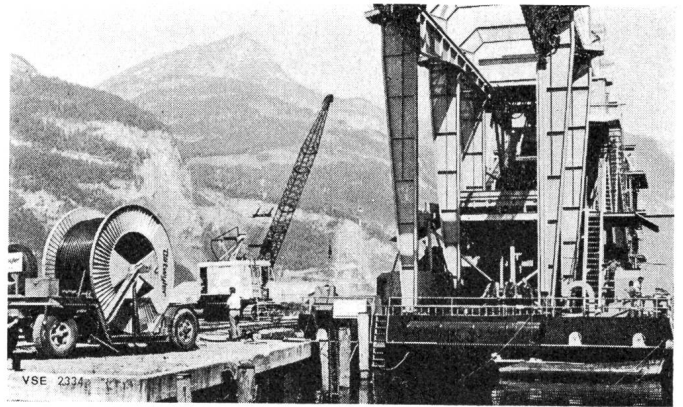


Fig. 18

Schwimmbagger mit spez. PE-Kabel für Seeversorgung

krankheiten nicht ausgeblieben. Die ursprünglich mangelhaften Zubehöerteile und Fabrikationsmethoden sind aber weitgehend ausgemerzt, und die Eignung des Polyäthylens als Kabelisolation kann heute nicht mehr in Zweifel gezogen werden. Die Untersuchungen meines Vorredners haben sich an 12 km Polyäthylenkabeln über einen Zeitraum von 1951—1961 erstreckt. Es darf daher angenommen werden, dass die zahlreichen Verbesserungen an Leiterschirm, Isolation, äusserer Abschirmung und vor allem in den Fabrikationsmethoden der letzten Jahre nicht berücksichtigt sind.

Wir dagegen dürfen in Anspruch nehmen, dass sich unsere Erfahrungen über volle 18 Jahre bis zum heutigen Tag erstreckt haben und über 30 km Polyäthylenkabel in Betrieb stehen.

Der Entscheid, meine Herren, ob auch Sie Polyäthylenkabel in Mittelspannungsnetzen verwenden wollen, liegt bei Ihnen.

Adresse des Autors:

E. Germann, Abteilungschef des EW Altdorf, 6460 Altdorf.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1; Postadresse: Postfach 8023 Zürich; Telephon (051) 27.51.91; Postcheckkonto 80 - 4355; Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

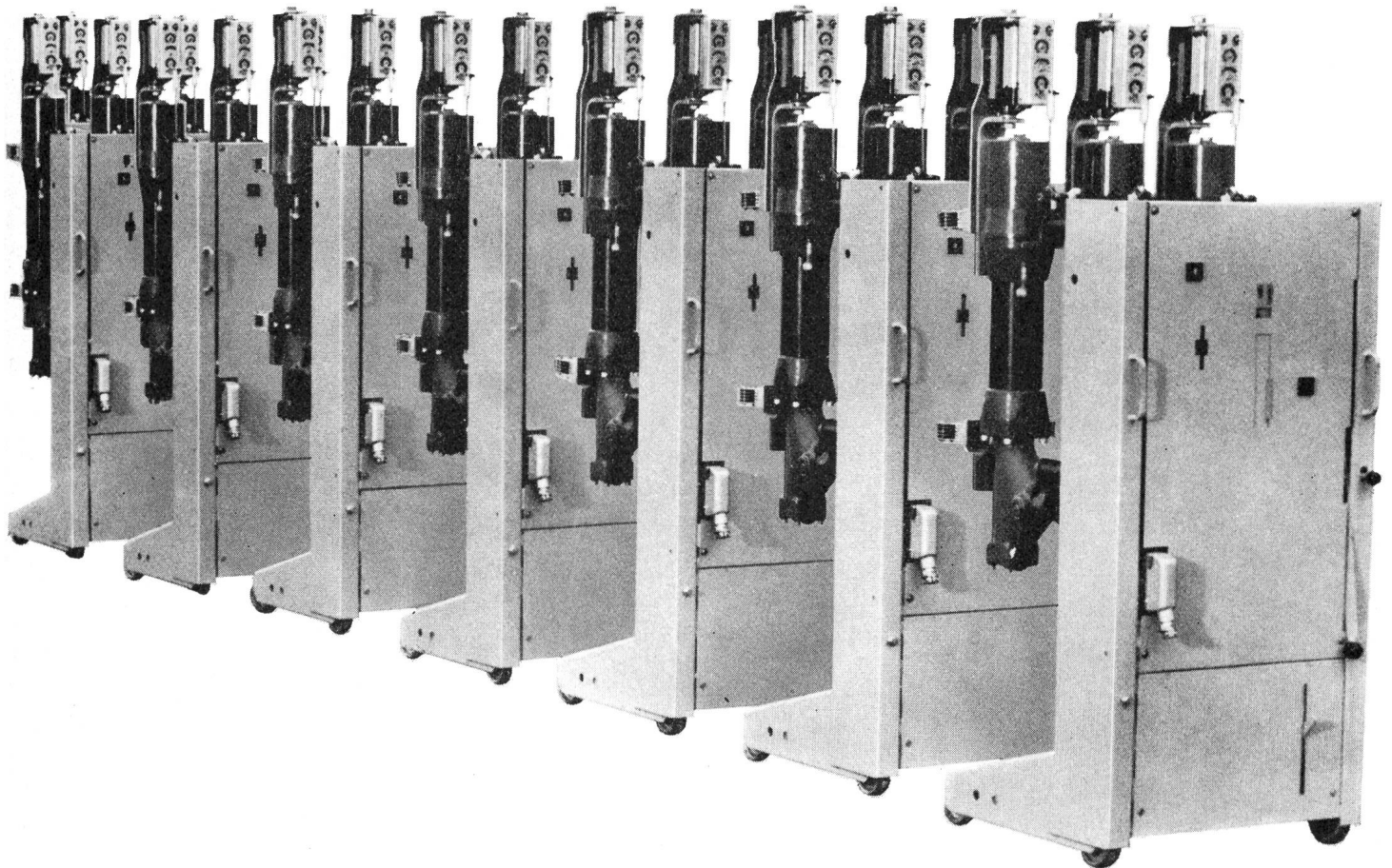
Redaktor: A. Ebener, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.

Was bietet Ihnen die lückenlose Baureihe der

neuen Ölstrahlschalter 7,2 bis 36 kV

von Sprecher & Schuh?



- Auswechselbarkeit im ganzen Leistungsbereich
- Rückzündungsfreiheit (Eignung als Kondensatorschalter)
- Anspruchlos in der Wartung
- Zubehör nach Baukastensystem
- Raumsparend zusammen mit unseren neuen fabrikfertigen Anlagen

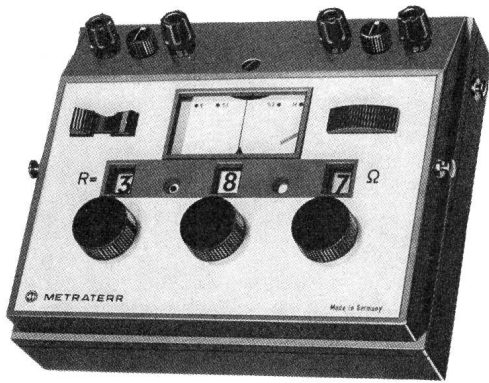
Nennleistungen von 250 bis 1000 MVA

Nennströme von 630 bis 3150 A

Nähere Informationen auf Anfrage



Sprecher & Schuh AG
5001 Aarau Schweiz



Erdungsmesser

«Metrater» mit 2 Flachbatterien 4,5 V oder 6 Monocellen
6 Messbereiche 0...999 Ω

Messbrücke

in Wheatstoneschaltung, mechan. Konstruktion wie
«Metrater», 6 Messbereiche 1 Ω ... 1 MΩ

Erdungsmesser **Terrafix mit Kurbelinduktor** weiterhin
lieferbar

AG. für Messapparate, Bern

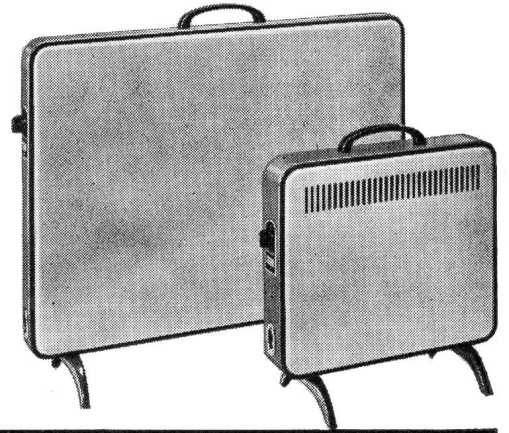
Weissensteinstr. 33 Tel. 031 45 77 44

Accum

Heizwände und Camerad- Oefen

mit praktischem Traggriff und zweifarbiger
Lackierung. Zeitlose Formen, in alle Räume
passend, leichtes Gewicht, angenehme Heiz-
wirkung

**Accum
AG
Gossau ZH**



Solis

Attraktiv wie die Beine der jungen
Dame ist auch das SOLIS-Angebot
für den Radial-Heizlüfter Mod. 178:
kleines, handliches Gerät
in moderner Ausführung
rasche, angenehme Raumheizung
durch vollautomatischen Betrieb
2 Heizstufen und Kaltluft
einstellbarer Raum-Thermostat zur
Kontrolle der Zimmertemperatur
Sicherheits-Thermostat gegen
Überhitzung
geräuscharmer Gang
ausziehbarer Standbügel zur
Veränderung der Neigung
Heizlüfter Mod. 178, 1200 W
Heizlüfter Mod. 179, 2000 W

nur Fr. 78.—

SOLIS-Apparatefabriken AG
8042 Zürich

Stüssistr. 48-52 Tel. 051 261616