

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 63 (1972)
Heft: 14

Artikel: Kabelschutzrohre aus Kunststoffen
Autor: Bürer, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915716>

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: 02.02.2025

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

Kabelschutzrohre aus Kunststoffen

Von A. Bürer, Zürich

621.315.221.8

Einleitung

Mit der Einführung von Kunststoffrohren im Kabelleitungsbau hat nicht nur ein neues Material im Elektrosektor Eingang gefunden, sondern es steht damit ein komplettes Rohrleitungssystem zur Verfügung, das der heutigen Installationstechnik entspricht und zugleich wesentliche Erleichterungen in verletechnischer und wirtschaftlicher Hinsicht bietet.

Geschlossene Rohranlagen, ausgeführt mit flexiblen Kunststoffrohren, bilden einen vollständigen Kabelschutz. Die Vorteile während des Bauvorgangs, die Unabhängigkeit des Kabelzuges von den Bauarbeiten, die spätere Auswechselbarkeit von Kabeln und Neuverlegung von Reserverohren ohne bauliche Massnahmen sind ohne Zweifel erkennbar. Ebenso werden die Einzelbaulängen der Rohre, das geringe Gewicht, die glatte Rohrwandung und die weitgehende chemische Beständigkeit als positive Aspekte gewertet.

Seit geraumer Zeit erfolgt ein Umdenken im Belegen von Rohrsträngen, das heisst, in der Regel werden in Neuanlagen die einzelnen Rohrstränge nur noch mit einem Kabel belegt. Der Grund hierfür ist insbesondere darin zu suchen, dass mit Kunststoffrohren die Abstände zwischen den Zugschächten vergrössert wurden und die Einzugschnüre für das Nachziehen der mit PVC isolierten Zugseile in die verlegten Rohrstränge mit Druckluft «eingeschossen» werden. Diese Einzugschnüre bedingt jedoch ein dichtes Rohrsystem, das mit der Verwendung von geeigneten Verbindungselementen erreicht wird. Die Tendenz der Einzelrohrbauweise in Kabelanlagen zeichnet sich andererseits dort ab, wo auf weite Sicht damit gerechnet werden muss, dass ein Auswechseln der Kabel in einem späteren Zeitpunkt erforderlich wird.

Der nachstehende Aufsatz soll einen Überblick über den bisherigen Verlauf der Entwicklung, die Einsatzmöglichkeiten und das zur Verfügung stehende Sortiment von Kunststoff-Kabelschutzrohren und Zubehörteilen geben, wobei der heutige Stand noch keineswegs als abgeschlossen gelten darf.

1. Allgemeine Entwicklung

1.1 Bundesgesetz betreffend elektrische Schwach- und Starkstromanlagen

Seit der Übertragung elektrischer Energie durch Kabelleitungen werden aus naheliegenden Gründen auch Schutzmassnahmen bei den in das Erdreich verlegten Kabeln gefordert.

Im Bundesgesetz betreffend elektrische Schwach- und Starkstromanlagen wird dies in Art. 116 wie folgt umschrieben:

1. In Erdreich verlegte Kabel für Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde, ferner Starkstromkabel für niedrigere Spannungen, deren einzelne Leiter jedoch mit Überstromschutz für eine grössere Nennstromstärke als 25 A versehen sind, müssen mit einem wirksamen Kabelschutz überdeckt sein. Der Kabelschutz kann aus Eisen, Zement, Backsteinen, Holz und derglei-

chen bestehen. Er muss das Kabel vollständig überdecken, nach oben gegen Zertrümmerungen durch Pickelschläge, einen tunlichst grossen mechanischen Widerstand bieten und Erdarbeiter bei Grabungen rechtzeitig auf das Vorhandensein von Kabeln aufmerksam machen.

2. Die Kabel sind den örtlichen Verhältnissen entsprechend im allgemeinen so tief in den Boden einzulegen, dass sie in Strassen und Plätzen durch eine Erdschicht von mindestens 70 cm und im übrigen Terrain von mindestens 50 cm überdeckt sind.

Die herkömmliche Art, elektrische Kabel im Erdreich gegen äussere Einflüsse zu schützen beziehungsweise Unfälle zu vermeiden, wird den obigen Bestimmungen entsprechend mit der Verwendung von Zementrohren, Kabelfirststeinen, Zementkanälen mit Deckel, Asbestzementrohren, Profileisen usw. erreicht.

1.2 Die ersten Verlegungen von Kabelschutzrohren aus Kunststoffen in Fernmeldeanlagen und Kraftwerken

In der Entwicklungs- und Einführungszeit von Kabelschutzrohren aus Kunststoffen wagte man sich nur zögernd an die Verlegung dieser neuartigen Rohre, deren Eigenschaften und praktisches Verhalten nicht mit den traditionellen Materialien verglichen werden konnten. Trotzdem erkannten bereits in den ersten Anfängen staatliche Betriebe und private Unternehmungen die Bedeutung und Wirtschaftlichkeit von Kunststoffrohren im Kabelleitungsbau. Aufgeschlossenheit, sachliche Überlegungen und nicht zuletzt verantwortungsbewusstes Vorgehen führten im Jahre 1956 zur ersten Symalen-Kabelschutzrohr-Verlegung in einer Fernmelde-Kabelanlage. Nach den ersten Anfangserfolgen konnten in den darauffolgenden Jahren (1957/58) im Hochspannungssektor, das heisst in geschlossenen Werksanlagen, die ersten Kraftwerkbauten und Freiluft-Schaltanlagen mit Symalen® – (aus Polyäthylen, PE) und Symadur® – (aus Hartpolyvinylchlorid, PVC) Kabelschutzrohren ausgerüstet werden.

Diesen Kabelschutzrohrverlegungen in Kraftwerkbauten sind aus sicherheitstechnischen Gründen eingehende praktische Versuche vorausgegangen, wobei unter anderem Wert darauf gelegt wurde, das Verhalten der Rohre auf Scheiteldruckfestigkeit beim Einbetonieren in Generatorenfundamente wirklichkeitsnah kennenzulernen. In Zusammenarbeit mit einem industriellen Elektroingenieur-Unternehmen ist damals das nachfolgende, in kurzen Zügen wiedergegebene Prüfungsvorgehen festgelegt worden:

Auf einer Grundfläche von $1,50 \times 1,50$ m wurde eine 3 m hohe Betonschalung mit einem Fassungsvermögen von $6,75$ m³ aufgestellt. Die Montage der Prüflinge erfolgte in dieser Schalung nach einer bestimmten Anordnung, das heisst, die Rohre wurden maximal 30 cm ab Fundament horizontal verlegt und beim Austritt aus der Schalung mit PE-Platten abgedichtet. Im weiteren waren die Rohre so plaziert, dass beim Einfüllen des Betons aus 3 m Höhe jedes einzelne Rohr von der Betonmasse getroffen wurde. Das Prüfen der Rohrquerschnitte erfolgte in drei verschiedenen Zeitabstän-

den. Die Messergebnisse, mit Holzzylindern durchgeführt, ergaben die ersten praktischen Hinweise über Qualitätsanforderungen und die zu wählenden Wandstärken bei Polyäthylen-Kabelschutzrohren.

1.3 Verlegung von Kunststoffrohren

1.3.1 Grossangelegte Versuchsverlegungen mit Kunststoffrohren aus PE

Im Hinblick auf eine allgemeine Zulassung von Kabelschutzrohren aus PE für Starkstromleitungen wurde im Jahre 1963 in einer Gemeinschaftsarbeit zwischen den Central-schweizerischen Kraftwerken, Luzern, und der Symalit AG, Kunststoffwerke, Lenzburg, unter der Oberaufsicht des Eidgenössischen Starkstrominspektorates auf dem Werkareal des Kraftwerkes Rathausen in der Zufahrtsstrasse zwischen Reuss und Werkkanal eine Versuchsstrecke mit PE-Rohren, Zementrohren und -kanälen eingebaut.

Die Aufgabenstellung bestand darin, einerseits die Formbeständigkeit von Kunststoffrohren aus PE bei verschiedenen Wandstärken während einer längeren Zeitdauer zu überprüfen, andererseits aber, und dies war von grundsätzlicher Bedeutung, das Verhalten der Rohre bei Grabarbeiten, das heisst durch Einwirkung von Pickelschlägen und Pressluftbohrer, abzuklären.

Dieser grossangelegte praktische Versuch (Fig. 1) sollte daher über eine allgemeine Verwendung von PE-Rohren als Kabelschutz Aufschluss geben. Um eine objektive Beurteilung über die Einsatzmöglichkeit dieser Rohre als Bodenleitungen für Starkstrom-Installationen zu gewährleisten, wurde eine Vergleichsbasis geschaffen, indem unter denselben Voraussetzungen traditionelle Kabelschutzmaterialien, wie Zementrohre und -kanäle, in das Versuchsprogramm einbezogen wurden. Aus der Fig. 1 ist die Versuchsanordnung und die in Abschnitt A-K aufgeteilte Versuchsstrecke ersichtlich. Für die Prüflinge A-I erfolgte der Grabenaushub parallel zur Fahrbahn, das heisst in einer Fahrspur, so dass die Rohre und Kanäle während der $\frac{3}{4}$ jährigen Versuchsdauer durch die zirkulierenden Lastwagen (Transport von Zement, Kies, Bau-

maschinen usw. für den Strassenbau und die neue Freiluft-Schaltanlage) gezwungenermassen einer laufenden Druckbelastung ausgesetzt waren. Für die Prüflinge in Abschnitt K erfolgte der Aushub quer zur Fahrbahn in Abständen von 1,5...2 m. Nachdem die Grabensohle mit Sand ausgeglichen war, konnte noch eine durchschnittliche Grabentiefe von 80 cm festgestellt werden. Der Einbau der Rohre und Kanäle erfolgte nach Abschluss der Vorbereitungsarbeiten im Frühjahr 1963. Mit Ausnahme der Position K 6 wurden in der Folge sämtliche Prüflinge mit 10 cm Sand und 60 cm Aushubmaterial wieder überdeckt. Im Hinblick auf die späteren Ausgrabungsarbeiten sind anlässlich der Verlegung in einige Rohre Kabelreste eingezogen worden. Des weiteren wurden vor dem Überdecken Vorbereitungen getroffen, damit einzelne PE-Rohre während den Belastungsproben in bezug auf allfällige Querschnittsänderungen kontrolliert werden konnten. Die Vorkehrungen für diese Kontrollmessungen bestanden darin, dass einige Rohre an beiden Enden verschlossen, mit Wasser gefüllt und mit einem Wasserstandanzeiger verbunden wurden. Es handelte sich dabei um die Rohre im Abschnitt A, G, H, I und K (Fig. 1). Das Verhalten dieser Rohre in bezug auf Querschnittsveränderungen konnte während den Belastungsproben mit einem Trax und während des Werkverkehrs mit Lastwagen laufend überprüft werden.

Zu Beginn des Jahres 1964 wurde dann die entscheidende Arbeit an die Hand genommen, nämlich das Ausgraben der Rohre und Kanäle. Mit diesen Arbeiten wurde absichtlich eine Arbeitsgruppe betraut, die von der seinerzeitigen Rohr- und Kanalverlegung keine Kenntnis hatte. Im Grunde genommen können die Arbeiten in der letzten Phase nicht mehr mit Ausgraben bezeichnet werden. Es handelte sich vielmehr um einen gründlichen Versuch mit Pickel und Pressluftbohrer, die im Graben liegenden Materialien gewaltsam zu beschädigen, um festzustellen, ob das herkömmliche Kabelschutzmaterial oder das Polyäthylenrohr gegen äussere Hieb- und Schlageinwirkungen widerstandsfähiger sei. Bei diesen absichtlichen Zerstörungsarbeiten konnte folgendes festgestellt werden:

a) Das Eindringen von einem Pressluftbohrer in ein mit Erde überdecktes Zementrohr, Polyäthylenrohr oder in einen Zementkanal wird vom Arbeitenden erst nach dem Durchstossen der Rohrwandung beziehungsweise der Kabeldeckplatte realisiert, wobei er feststellt, dass «etwas» Aussergewöhnliches vorliegt.

b) Beim Aufsetzen eines Pressluftbohrers auf freiliegende Kabelschutzmaterialien ist für das Zerstören und Eindringen in ein Zementrohr oder einen -kanal eine kürzere Einwirkungszeit bei gleichbleibender Kraft erforderlich, als dies beim Polyäthylenrohr der Fall ist.

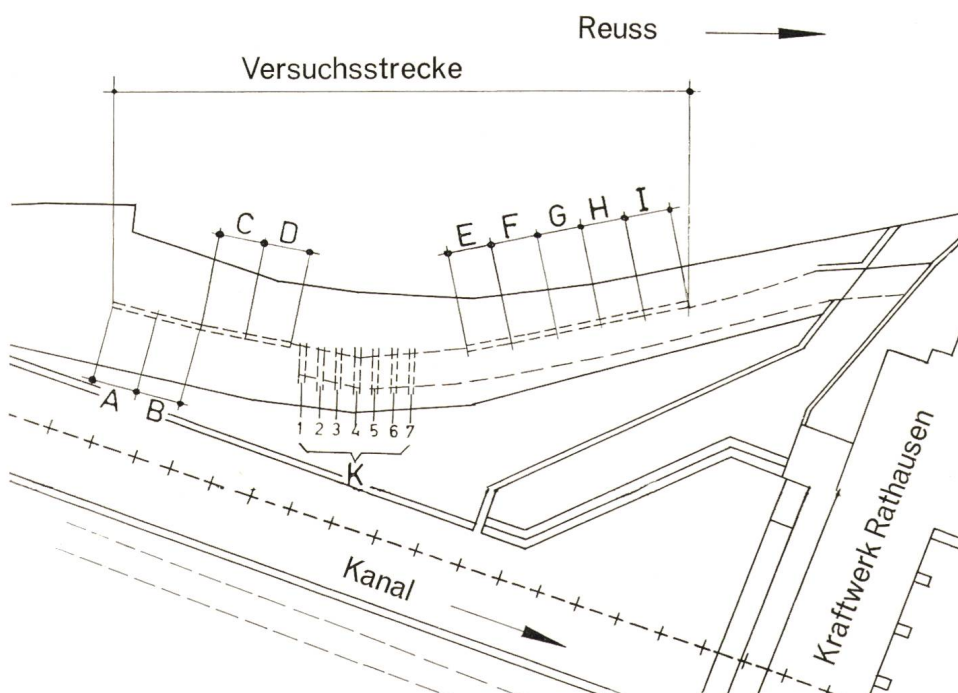


Fig. 1
Prüfanordnung für den praktischen Versuch Polyäthylen-Rohre als Kabelschutz, für im Erdreich verlegte Starkstromkabel, einzusetzen

Bezeichnungen siehe im Text

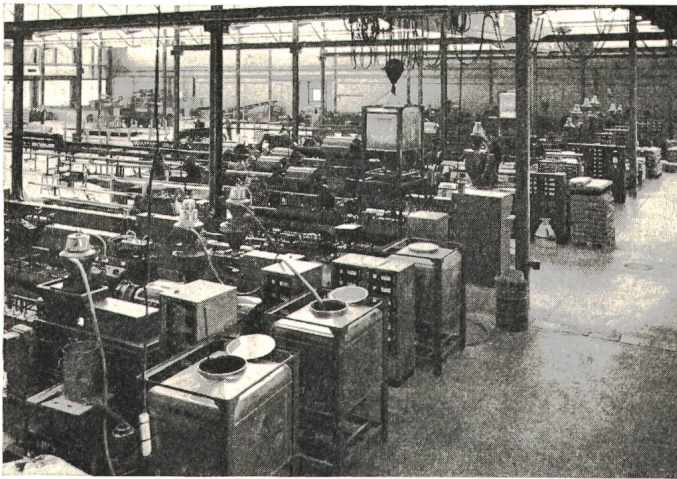


Fig. 2

Extrusionsbahnen für die Fabrikation von stranggepressten Rohren und Profilen aus Thermoplasten

c) Das Eindringen einer Pickelspitze in ein Zementrohr oder in einen Kabeldeckstein erforderte eine grössere Kraftanstrengung als ein Pickelschlag in ein Polyäthylenrohr.

d) Die getesteten Zementmaterialien wiesen nach der Bearbeitung durchwegs Bruchschäden auf. An den Polyäthylenrohren waren die Einschlagstellen deutlicher sichtbar.

Anhand dieses Versuches konnte generell festgestellt werden, dass das PE-Rohr im Vergleich zu den traditionellen Kabelschutzmaterialien aus Zement einen zumindest ebenbürtigen Schutz für im Erdreich verlegte Kabel gegen allfällige Beschädigungen durch Grabarbeiten bietet. Voraussetzung ist allerdings, dass die Rohre eine Mindestwanddicke von 6 mm aufweisen. Die Resultate haben des weiteren auch darüber Aufschluss gegeben, mit welchen Mindestwanddicken bei Polyäthylenrohren gerechnet werden muss, damit bei ausserordentlichen Druckbelastungen eine zehnpromtente Abflachung der Rohre nicht überschritten wird.

1.3.2 Versuchsverlegungen im Nationalstrassenbau – N 3

Parallel zu den unter 1.3.1 genannten Prüfungen konnte in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Sauber + Gisin AG, Zürich, in der Nationalstrasse N 3 (Raum Rüslikon) das Kunststoffrohr aus Hart-PVC in einer Versuchsreihe ebenfalls einer praktischen Prüfung unterzogen werden. Hier lag der Gedanke zugrunde, dass Verhalten von Hart-PVC-Rohren bei einer allfälligen Verwendung als Querschläge im Nationalstrassenbau, als geschlossene Werksanlage, in Erfahrung zu bringen. Für den Versuch sind drei verschiedene Verlegungsarten gewählt worden. An jeder Einbaustelle wurden zwei Hart-PVC-Rohre mit einer lichten Weite von rund 100 mm, jedoch mit unterschiedlicher Wandstärke in Stücklängen à 4 m verlegt. Die beiden Rohre wurden jeweils mit einer Schiebemuffe miteinander verbunden, so dass sich in jedem Fall eine Baulänge von 8 m ergeben hat. Die Rohre wurden wie folgt in die Fahrbahn eingebaut:

- Pos. 1 Rohre direkt auf das Planum gelegt, nachträglich mit einem Kieskoffer von 80 cm überdeckt.
- Pos. 2 Grabenaushub ca. 30 cm, Rohre in Sand eingebettet (Überdeckung ca. 20 cm)
- Pos. 3 Grabenaushub 30 cm, Rohr eingedeckt mit dem vorhandenen Aushubmaterial (Überdeckung ca. 20 cm)

Während dem Bau der Nationalstrasse N 3 wurde durch den bauleitenden Ingenieur im Bereich der Versuchsstrecke

ein Fahrverkehr von 20 000 t pro Tag festgestellt, wobei das maximale Gewicht der Lasttransporter ca. 55 t betrug.

Vier Wochen nach den Verlegungsarbeiten, am 11. November 1963, folgten dann die Querschnittsprüfungen an den eingebauten Rohren. Auch im vorliegenden Fall erfolgten die Messungen des lichten Durchmessers mittels Holzzylinders. Den Erwartungen entsprechend zeigten die Ergebnisse eindeutig, dass beim eingesandeten Rohrstrang die Abflachung am geringsten war (15 %). Es versteht sich von selbst, dass dieser Versuch als absolut extrem zu bezeichnen ist, in seiner Gesamtheit aber doch wegleitend war für die optimale Gestaltung des Kabelschutzrohr-Programmes aus Hart-Polyvinylchlorid im Nationalstrassenbau.

1.4 Zulassung von Kabelschutzrohren aus Kunststoffen

Mitteilungen des Eidgenössischen Starkstrominspektorates – auf Grund der Resultate in Ziff. 1.3.1 – sind enthalten im Bulletin des SEV, Jahrgang 1966, Nr. 13 und Jahrgang 1969, Nr. 2.

Als Ergänzung sei darauf hingewiesen, dass die aus nicht-modifiziertem schlagfestem Hart-Polyvinylchlorid gefertigten Rohre bei der Verlegung in das Erdreich eines zuzätzlichen mechanischen Schutzes bedürfen. In der Regel werden diese Rohre einbetoniert beziehungsweise mit einer Betonschicht von 10 cm vor dem Eindecken des Grabens geschützt.

2. Materialklassifikation – Rohrabmessungen – Zubehörteile

2.1 Materialtypen und Fabrikation

Es seien hier zwei verschiedene Kunststoffrohrarten behandelt, einerseits die aus Polyäthylen (PE), andererseits die aus Hart-Polyvinylchlorid (PVC). Beide Kunststoffe gehören zur Gruppe der Thermoplaste. Wie das Wort schon aussagt, sind Thermoplaste «warmverformbar», das heisst, bei einer Normaltemperatur von 20 °C befinden sich diese in einem festen, mehr oder weniger harten Zustand, bei ihrer Erwärmung jedoch werden sie weich, wobei sinngemäss zu beachten ist, dass durch erhöhte Temperaturen auch andere physikalische Eigenschaften der thermoplastischen Kunststoffe eine wesentliche Änderung erfahren.

Grundsätzlich besitzen Thermoplaste gegenüber herkömmlichen Werkstoffen bedeutende Vorteile; wie zum Beispiel Beständigkeit gegen chemische Einflüsse, geringes spezifisches Gewicht, einwandfreie Oberflächenbeschaffenheit, durchgehende saubere Einfärbung sowie gute elektrische Isolationswerte.

Mit der Extrusion steht ein Verfahren zur Verfügung, das eine kontinuierliche Fabrikation von nahtlos hergestellten Rohren gewährleistet (Fig. 2). Der Extruder besteht im Prinzip aus einem langen beheizten Zylinder, in welchem das durch den Einfülltrichter zufließende Rohmaterial in Form von Granulat oder Pulver mit Hilfe einer oder mehrerer Schnecken unter Druck nach der Austrittsseite hin bewegt wird. Bei der Fortbewegung erfolgt eine Erwärmung durch die beheizte Zylinderwand und Friktion unter gleichzeitiger Durchknetung und Homogenisierung des in den plastischen Zustand übergeführten Rohmaterials. An der Austrittsseite befindet sich das Rohrwerkzeug, welches das heisse plastische Polyäthylen beziehungsweise Polyvinylchlorid unter sehr hohem Druck zu einem Rohr formt. Nach Austritt aus dem Werkzeug erfährt das Rohr eine Kalibrie-

rung sowie eine anschließende Abkühlung und wird im selben Arbeitsablauf beschriftet, aufgerollt beziehungsweise in handelsübliche Längen zugeschnitten.

2.2 Normen für Rohre und Zubehörteile

Es bestehen Normblätter für thermoplastische Kunststoffrohre mit rundem Querschnitt für den Transport von Flüssigkeiten und Gasen. Für Kabelschutzrohre aus Kunststoffen hingegen bestehen weder nationale noch internationale Normen. Bei den nachstehend aufgeführten Rohren und Zubehörteilen handelt es sich um Werksnormen der Symalit AG, Lenzburg. Die Festlegung der Abmessungen der einzelnen Bauteile wurde von dieser Firma weitgehend in Zusammenarbeit mit kompetenten Fachkreisen aus der Schweiz vorgenommen.

Materialbezogen teilt sich das Kabelschutzrohr-Programm wie folgt auf:

Polyäthylen, Farbe schwarz

- Kabelschutzrohre
- Doppelsteckmuffen mit Sicken und Profilmummierungen
- Endmuffen mit Sicken und Profilmummierungen
- Endkappen
- Rohrbogen 45° und 90°
- Einführungsrohre aus Asbestzement mit Rundschnurring
- Abstandhalter

NW	Aussen- durchmesser	Innen- durchmesser
60	72	60
80	92	80
100	112	100
100	116	100
120	132	120
130	142	130
150	163	150
200	214	200

Für die NW 60, 80 und 100 Fabrikationslängen 5 m, 10 m, 50 m und 100 m. Für die NW 120, 130, 150 und 200 Fabrikationslängen 5 m und 10 m (Speziallängen 15 m).

Polyäthylen, Farbe schwarz

- Kabelschutzrohre mit Längsschlitz und H-Profil
- Verbindungsmuffen mit Längsschlitz und Verschlusssteil

NW	Aussen- durchmesser	Innen- durchmesser
80	92	80
100	121	100
120	132	120
130	142	130

Die Fabrikationslängen betragen 5 m und 10 m.

Das Kabelschutzrohr mit Längsschlitz und H-Profil wird in Anlagen verwendet, wo in Betrieb stehende Kabel durch bauliche Massnahmen in ein Rohr zu verlegen sind.

Damit werden, sofern die Kabellänge ausreicht, Betriebsunterbrüche, Muffen- beziehungsweise Speissarbeiten vermieden.

Hart-Polyvinylchlorid, Farbe grau

- Kabelschutzrohre
- Doppelsteckmuffen mit Sicken und Profilmummierungen
- Endmuffen mit Sicken und Gummierungen
- Endkappen
- Übergangsstücke (von PE auf PVC derselben Nennweite)
- Abstandhalter

NW	Aussen- durchmesser	Innen- durchmesser
60	64	60
80	84	80
100	104	100
120	124	120
130	136	130
150	156	150
200	206	200

Fabrikationslängen à 5 m und 10 m (Speziallängen 15 m).

- 4-Kammer-Kabelrohr 100/100 × 2 mm
- Verbindungsmuffen für 4-Kammer-Kabelrohr

Polyvinylchlorid, modifiziert, Farbe grau (mit höherer Schlagfestigkeit)

- Kabelschutzrohr
- Doppelsteckmuffe mit Profilmummierungen
- Endmuffe mit Profilmummierung

Fabrikation in der NW 100, 106 × 100 mm, in Längen von 5 m und 10 m.

Montage- und Verlegewerkzeuge, Warnbänder

- Einzugschlitten für die Montage des H-Profiles bei Kabelschutzrohren mit Längsschlitz.
- Drahtinzugsvorrichtung für Kabelschutzrohre NW 60...NW 150, bestehend aus Rohrverschlusssteil, Pressluftschlauch mit Abstellhahn und Kupplungsstück, Geschosskörper, Metallhaspel und Kunststoffschnur.
- Warnbänder aus Kunststoff für die Markierung von Rohrleitungen, die im Erdreich verlegt sind.

3. Lagerung

Für die Lagerung der Rohre sind auf der Baustelle einige Vorkehrungen zu treffen. Diese Vorkehrungen weichen nur geringfügig von der Lagerung auf dem Fabrikgelände ab (Fig. 3). Die Abweichung besteht in der Stapelhöhe. Im Werk wird relativ kurzfristig gelagert. Auf der Baustelle kann die Lagerung je nach Baufortschritt längere Zeit andauern.

Nach erfolgter Produktion werden die Rohre auf sog. Lagerholz, das eine Länge von ca. 2 m aufweist, in Abständen von ungefähr 1,5 m gestapelt. Nach drei Rohrlagen werden erneut Lagerhölzer eingelegt. Der Rohrstapel wird in der Regel ca. 2 m hoch gebaut. Dies entspricht einem Durchschnitt von 340 Rohren in 5-m- oder 10-m-Längen (Fig. 3).

Auf den Baustellen, wo nicht immer entsprechendes Lagerholz zur Verfügung steht, sollten 5...10 Rohrlagen nicht überschritten werden, um ein Deformieren der Rohre zu vermeiden. Seitlich des Rohrstapels dürfen auf keinen Fall Rund- oder Betoneisen zur Halterung verwendet werden, wie dies des öfters gesehen wird. Des weitern dürfen die Rohrstapel auf keinen Fall mit Plastic-Folien oder Blachen abgedeckt werden. Das Abdecken der Rohrstapel mit luftundurchlässigen Materialien bewirkt zwischen Rohren und Abdeckung bei Sonnenbestrahlung einen Wärmestau, was zu Deformationen führen kann.

PE-Kabelschutzrohre in Rollenform sollen liegend gelagert werden, das heisst, auch bei diesem Rohrtyp ist zu beachten, dass man es mit einem Thermoplasten zu tun hat. Der Thermoplast ist, wie bereits erwähnt, ein Material, das thermisch verformbar ist. Bei langdauernder Sonnenbestrahlung würden die Rollen bei stehender Lagerung oval und die einzelnen Rohrlagen unter Umständen einknicken. (Nach dem Abrollen der Rohre sind diese vor dem Verlegen einige Zeit gradlinig liegen zu lassen, damit die durch das Aufrollen verursachten Spannungen gelöst werden.)

4. Rohrleitungsbau, Kabeleinzug

4.1 Rohrleitungsbau

4.1.1 Allgemeines

Die Frage, in welchen Fällen Polyäthylen- oder Hart-PVC-Kabelschutzrohre beziehungsweise beide Rohrtypen kombi-



Fig. 3

Gestapelte Kabelschutzrohre auf dem Werkgelände

nirt in einer Anlage eingebaut werden, ist einerseits von bautechnischen Problemen, andererseits aber auch von wirtschaftlichen Überlegungen abhängig.

Das bautechnische Problem besteht in der Regel darin, neue, zu erweiternde oder auch umzulegende Anlagen in den bereits mit anderen Werksleitungen belegten Strassenkörper unterzubringen. Das führt vor allem beim Bau von geradlinigen Rohranlagen mit traditionellen Kabelschutzmaterialien in zunehmendem Masse zu technischen Schwierigkeiten und zudem zu vermehrten Kosten, weil eine Umlegung von bereits im Trasseeliegenden Werksleitungen unter Umständen erforderlich wird. Mit der laufenden Zunahme des Stromkonsums und der Telephonanschlüsse müssen die Kabelnetze, vor allem in den Städten, ständig erweitert werden. Hinzu kommt, dass im Hinblick auf den steigenden Verkehr notwendige Strassenbauarbeiten den Umbau oder die Verlegung von Kabelanlagen erfordern. Besonders unangenehm ist es, wenn die geschilderten Schwierigkeiten erst während des Baus der Anlagen auftreten und das Rohrtrasseel kurzfristig geändert werden muss. Derartige Umdispositionen verzögern nicht nur die Fertigstellung der Anlage, sondern behindern zudem unnötig lange den Verkehrsfluss in den Strassen.

Mit dem Einbau von flexiblen Polyäthylen-Kabelschutzrohren können diese Probleme und Schwierigkeiten auf ein Minimum reduziert werden. Ausserdem fällt ins Gewicht, dass durch die Einzelbaulängen der Rohre eine rasche und wirtschaftliche Verlegung gewährleistet ist. Weitere kommerzielle Überlegungen werden insbesondere bei relativ geradlinigen Rohrblockanlagen angestellt. Bei der Verlegung von vier oder mehr Rohren in demselben Leitungstrasseel ist es unter bestimmten baulichen Voraussetzungen eine Kostenfrage, ob Polyäthylen- oder Hart-Polyvinylchlorid-Kabelschutzrohre, die als sog. «verlorene Schalung» einbetoniert werden, Verwendung finden.

4.1.2 Verlegung

Mit dem Einbau von elastischen, flexiblen Polyäthylen-Kabelschutzrohren ist der Verformbarkeit der Rohre entsprechend Beachtung zu schenken. Betonrohre, Asbestzementrohre, Stahlrohre usw., die im Vergleich zu Polyäthylen- oder Hart-PVC-Rohren sehr starr wirken, sind in der Lage, in einem Rohrgraben den Druck des lose eingebrachten Verfüll-



Fig. 4

Das angespitzte Rohrende wird in die Doppelsteckmuffe mit Profildummringen eingeschoben

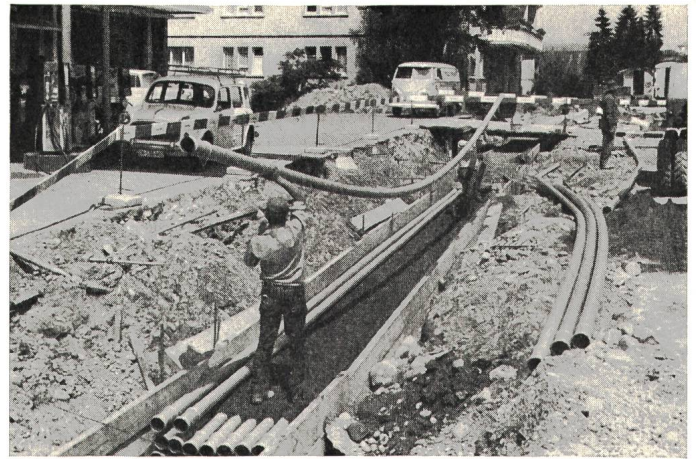


Fig. 5

Eine weitere Rohrlage wird verlegt

materials in sich selber aufzunehmen, ohne sich übermässig zu deformieren oder in Bruch zu gehen.

Anders verhält es sich bei flexiblen Polyäthylenrohren. Bei diesen Rohren sind die Tragfähigkeitsverhältnisse völlig anders. Das Polyäthylenrohr besitzt eine wesentlich grössere Verformbarkeit als der Boden, der das Rohr umgibt. Es ist also in der Lage, dem auf das Rohr wirkenden Erddruck durch Verformung nachzugeben, ohne zu brechen. Die Rohrumhüllung (Verfüllmaterial) muss daher in der kritischen Zone dazu herangezogen werden, einen Teil der Belastung von der Rohrwand zu übernehmen. Mit andern Worten, das Verfüllmaterial ist in der Leitungszone entsprechend von Hand zu verdichten, denn nur dann kann sich das Rohr genügend gut seitlich abstützen.

Aus dem Gesagten ist leicht abzuleiten, dass der Verfüllung der Rohrleitungszone ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Der Verdichtungsgrad der seitlichen Abstützungszonen bestimmt die Deformation, die das Rohr mitmachen muss, um den Erddruck zu mobilisieren, der das Gleichgewicht herstellt. Um diese Deformation innerhalb der zulässigen Grenzen zu halten, muss mit einem Reibungsmaterial verfüllt werden, das sich entsprechend verdichten lässt. Am besten eignet sich dafür Sand oder gut abgestufter Kies-sand, auf keinen Fall aber darf bindiges Material verwendet werden¹⁾.

Im Gegensatz zu den flexiblen Polyäthylen-Kabelschutzrohren übernimmt bei erdverlegten, einbetonierten Hart-Polyvinylchlorid-Rohren (verlorene Schalung) der Beton einerseits, die statische Druckbelastung andererseits die sicherheitstechnische Aufgabe. Der Einbau von Hart-Polyvinylchlorid-Kabelschutzrohren im Rohrblocksystem (Fig. 4) kann kurz wie folgt beschrieben werden:

Nach dem Ausegalisieren der Grabensohle mit Beton 0...20, in der Regel in der Dosierung P 150, wird die erste Lage von 4, 6, 8 oder mehr Rohren verlegt. Die einzelnen Rohre werden voneinander mit einem Abstandhalter getrennt, damit jedes einzelne Rohr mit Beton umschlossen wird.

Nach dem Einbringen des Betons auf die erste Rohrlage wird unmittelbar anschliessend die zweite Rohrlage verlegt usw., bis der Rohrblock die gewünschte Anzahl Rohre ent-

¹⁾ Siehe J. Scheiblauber: Berechnungsgrundlagen für erdverlegte flexible Rohre; Strasse und Autobahn; Heft 5/1967, Seiten 161...171.

hält. Vor dem Eindecken wird der Rohrblock mit einem oder zwei Warnbändern versehen.

Die Flexibilität, das geringe Gewicht und die grossen Bau-
längen von Kunststoff-Kabelschutzrohren erlauben eine
rasche und einfache Verlegung. Richtungsänderungen im
Rohrleitungstrasse können weitgehend ohne Hilfsmittel be-
werkstelligt werden (Fig. 5).

Der Zusammenbau der Rohre mit dem neuentwickelten
Verbindungselement, Doppelsteckmuffen mit Sicken und
Profilgummidichtungen, erfolgt mühelos und ausserordent-
lich schnell (Fig. 4...6). Das Einschieben des Rohres erfolgt
von Hand unter Zuhilfenahme eines vom Fabrikanten emp-
fohlenen Gleitmittels. Ebenso vorgegangen wird bei der
Montage von Endmuffen mit Sicken und Profilgummiringen.

Mit dem Einbau von Doppelsteckmuffen mit Sicken und
Profilgummiringen erreicht man bei sachgemässer Verlegung
ein dichtes Rohrleitungssystem. Dies ist ohnehin eine Voraus-
setzung, sofern die Absicht besteht, vor dem Kabelzug mit
einer Pressluftvorrichtung eine Kunststoffschnur in die Rohr-
leitung «einzuschiessen».

Es liegen aber auch noch andere Gründe vor, ein wasser-
dichtes Rohrsystem zu bauen, um beispielsweise das Eindrin-
gen von Schlemmsand, Zementmilch, Wurzelwerk und ande-
rem mehr zu verhindern. Für wasserdichte Einführungen in
Gebäude sind Einführungsstücke aus Asbestzement mit
Gummidichtungsringen zu verwenden (Zement und Kunst-
stoff ergeben keine homogene Bindung).

In der Regel kommen für Rohrblöcke die Abmessungen
 104×100 mm, 112×100 mm, 124×120 mm und 132
 $\times 120$ mm zur Verlegung. Damit auf der ganzen Blocklänge
der Abstand zwischen den einzelnen Rohren gleichmässig
gewährleistet ist und das in den Graben einzufüllende Mate-
rial jedes einzelne Rohr umschliesst, können die Abstandhal-
ter für 4, 6 oder 8 Rohre der genannten Abmessungen einge-
baut werden.

4.2 Kabeleinzug

Bei der Überprüfung des Kunststoffrohrquerschnittes
werden mit dem Prüfzylinder unverrottbare Kunststoff-
schnüre in die Rohrstränge eingezogen. Beim Einzug eines
Kabels wird später mit dieser Schnur zuerst ein Hilfseil nach-
gezogen. An dieses kuppelt man das eigentliche Einzugsseil.
Es ist ein nichtdehnbares Stahlseil mit einer aufgespritzten
PVC-Ummantelung, an das die Kabel befestigt und mit einer
Motorseilwinde eingezogen werden. Beim Kabelzug müssen
zwei Bedingungen beachtet werden, damit die Kabel durch
mechanische Überbeanspruchung keinen Schaden erleiden:

a) Bei den Winkelpunkten und den eingebauten Bogenlängen
ist ein vom Durchmesser der Kabel abhängiger minimaler Biege-
radius einzuhalten.

b) Die auf die Kabel einwirkenden Zugkräfte dürfen nicht
grösser sein als die Zugbelastungen, die die Kabel auf Grund
ihrer Konstruktion ohne Schaden aufzunehmen vermögen.

Der Verleger von Rohranlagen hat deshalb die Kabellän-
gen und die Trasseewahl von Einzugsstrecken so aufeinander
abzustimmen, dass beim Einziehen der Kabel keine Über-



Fig. 6

Eindecken der letzten Rohrlage des Rohrblocks mit Beton

beanspruchungen durch unzulässige Zugkräfte auftreten
können. Die Bestimmung der maximalen Längenabschnitte
zwischen zwei Muffen- oder Splei schächten trägt dieser
Forderung Rechnung. Auf die Verwendung von zusätzli-
chem Gleitmittel kann beim Einziehen der Kabel in Kunst-
stoffrohren im allgemeinen verzichtet werden. Sollte dennoch
einmal eine bessere Gleitfähigkeit nötig sein, so dürfen nur
säurefreie Fette (Industrie-Vaseline) oder Talgpulver verwen-
det werden.

Für Starkstromkabel in Kunststoffrohranlagen kann nach
den bisherigen Ermittlungen mit dem Reduktionsfaktor 1,0
für die strommässige Belastung bei einer maximalen Um-
gebungstemperatur von 25°C gerechnet werden.

5. Prognosen

Wie in anderen Bereichen sind auch auf dem Gebiet der
Kunststoffrohr-Leitungssysteme Verbesserungen und weitere
Entwicklungen zu erwarten. Jedenfalls sind Bestrebungen im
Gange, das Polyäthylenrohr-Leitungssystem zu verbessern,
und es zeichnen sich bereits entsprechende Lösungen ab.
Eine Weiterentwicklung wird sich zweifelsohne auf dem Ge-
biet des Hart-PVC-Rohr-Leitungsbaus ergeben, wobei der
Wirtschaftlichkeit in jedem Fall gebührend Rechnung getra-
gen wird.

Eine weitergehende Prognose dürfte zurzeit schwerfallen,
nachdem in den verschiedensten Richtungen Entwicklungsmö-
glichkeiten offenstehen.

Adresse des Autors:

A. Bürer, AG für synthetische Produkte, Bahnhofstrasse 30, 8001 Zürich.