

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Band:** 71 (1993)

**Heft:** 11

**Artikel:** Eisnatz von Kabeschutzrohren aus regeneriertem Polyäthylen bei der Telecom PTT

**Autor:** Wagner, Birgit

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875529>

### **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:** 06.10.2024

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

# Einsatz von Kabelschutzrohren aus regeneriertem Polyäthylen bei der Telecom PTT

Birgit WAGNER, Dübendorf

## 1 Einleitung

Die Wiederverwendung von Kunststoffen ist dann ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll, wenn daraus möglichst langlebige Produkte hergestellt werden, in die grosse Materialmengen eingebracht werden können. Diese Anforderungen sind für Rohre erfüllt. Für Kabelschutzrohre wird eine Lebensdauer von mindestens 30 Jahren gefordert, für Abwasserrohre sogar 50 Jahre. Diese Lebensdauer wird in der Praxis überschritten. Allein auf dem Gebiet der Rohre für drucklose Anwendungen im Nichthygiene-Bereich liegt in der Schweiz das Einsatzpotential wiederverwendeter Kunststoffe bei jährlich etwa 50 000 Tonnen.

Eine zusätzliche Anwendung besteht in der Herstellung besonderer Kabelschutzrohre für den Telekommunikationssektor, wie sie etwa bei der Telecom PTT und auch der Deutschen Bundespost Telekom eingesetzt werden. Solche Rohre werden durch Einblasen der Glasfaserleitungen mit Druckluft kurzzeitig durch Innendruck beansprucht. Diese Kabelschutzrohre bieten allein in der Schweiz ein Einsatzpotential von etwa 5000 Tonnen Kunststoff jährlich.

## 2 Das «Rohrprojekt»

Das Entwicklungsprojekt *Rohr* ist ein Teilprojekt im Rahmen des von der Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in die Wege geleiteten Gesamtprojekts *Kunststoffreintegration*, das in Zusammenarbeit mit Industrie, Verbänden und Forschungsinstitutionen durchgeführt wird. Das Teilprojekt wird von der Kommission zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (KWF) unterstützt und in Zusammenarbeit mit der Empa und einer Reihe von Industriepartnern aus den Bereichen Kunststoffherstellung, Kunststoffrecycling und Kunststoffverarbeitung im In- und Ausland verwirklicht. Projektziel ist die Entwicklung von Rohren aus Kunststoffregrenulat (Polyäthylen und Polyvinylchlorid) bis zur Marktreife für vorwiegend drucklose Anwendungen, z.B. Entwässerungsröhre, Abwasserrohre, Kabelschutzrohre oder Kanalauskleidungen. Beim derzeitigen Projektstand liegen Rohre verschiedenster Geometrien und Struktur (z.B. coextrudiert, profiliert) vor, die in der Sektion Kunststoffe/Composites der Empa auf ihre Funktionstüchtigkeit in Kurz- und Langzeit geprüft werden. Erste Prototyprohre sind auch schon in der Praxis im Einsatz, wo sie ihre Funktionstüchtigkeit im Laufe der nächsten Jahre unter Beweis stellen werden und die aus

Laboruntersuchungen erhaltenen Ergebnisse ergänzen sollen.

Ein Versuch wurde bereits im November 1992 in Oppligen (BE) gestartet (*Titelbild*). Dort wurden im Auftrag der Telecom PTT auf einer Strecke von 1000 m zwei Stränge eines Kabelschutzrohres nach PTT-Pflichtenheft [1] aus Polyäthylen-Regrenulat hoher Dichte verlegt. Solche Rohre kommen bei der Erdverlegung von Glasfaser-Telekommunikationsleitungen zum Einsatz. Sie haben die Aufgabe, die Glasfaserleitungen vor eindringendem Wasser und mechanischen Einflüssen des umgebenden Erdreichs zu schützen.

Mit ihrer Bereitschaft zu dieser Probeverlegung hat die Telecom PTT ihre aktive Unterstützung des Reintegrationsprojekts und den Willen zur Lösung der Kunststoff-Entsorgungsproblematik klar dokumentiert.

## 3 Prüfung von Rohren aus Kunststoffregrenulaten

Die heute gültigen Normen für die Prüfung von Kunststoffrohren enthalten Vorschriften für die Prüfung der Formmasse, die von Regeneraten nicht alle ohne weiteres erfüllt werden können. Darüber hinaus schliessen sie häufig den Einsatz von Regeneraten von vornherein ausdrücklich aus. So schreiben sie beispielsweise – unabhängig vom Einsatzgebiet des Rohrs – in der Regel den *Zeitstand-Innendruckversuch* als Prüfung des Langzeitverhaltens der Formmasse vor. Ein Rohr aus Polyäthylen hoher Dichte (PE-HD) muss nach der Norm DIN 8075, die auch dem Pflichtenheft der Telecom PTT zugrunde liegt, eine Zeitstand-Innendruckprüfung bei 80 °C und einer Vergleichsspannung in der Rohrwand von 4 N/mm<sup>2</sup> während 170 h bestehen. Von den handelsüblichen Polyäthylen-Rohrmarken wird dieser Versuch problemlos bestanden, es werden Standzeiten von bis zu 4600 h erreicht – diese Werkstoffe sind besonders für diese Anforderungen entwickelt worden. Mit Regeneraten gelingt es jedoch in der Regel nicht, diesen Versuch zu bestehen. Dies hat zwei Gründe: Polyäthylen-Regrenulate werden aus Ausgangsmaterialien hergestellt (siehe Abschnitt 5), die nicht auf die Anforderungen des Zeitstand-Innendruckversuchs hin entwickelt wurden und diese selbst auch im Neuzustand nicht erfüllen. Darüber hinaus ist es unvermeidbar, dass Regenerate Inhomogenitäten aufweisen, die unter der beim Innendruckversuch entstehenden Zugbeanspruchung der Rohrwand zu Spannungsspitzen und verfrühtem Bruch führen.



Nun stellt sich die prinzipielle Frage, ob die Gebrauchstauglichkeit eines Rohres – besonders für den drucklosen Einsatz – nicht ebensogut durch anwendungsspezifische Prüfungen am Bauteil anstelle der Prüfungen der Formmasse sichergestellt werden kann. Bei einem drucklosen Rohr, das in der Praxis fast ausschliesslich durch das Erdreich belastet wird, steht die Rohrwand nicht unter Zugspannung, sondern infolge Aussendruck unter Druck- und Biegspannung. Als Prüfungen der Eigenschaften bei diesen Beanspruchungen kommen Beulversuche (hydrostatischer Aussendruck), Scheiteldruckversuche und gegebenenfalls eine simulierte Vergrabung im Labor («Soilbox»-Versuche) in Frage. Diese können sowohl zur Ermittlung von Kurzzeit- als auch von Langzeiteigenschaften herangezogen werden. Je nach Anwendung muss ein Rohr ausserdem gegenüber durchfliessenden Medien (beispielsweise Abwasser) sowie gegen Abrieb beständig sein.

#### 4 Anforderungen an Kabelschutzrohre bei der Telecom PTT

Als Kabelschutzrohre wurden bei der Telecom PTT bisher Druckrohre der Typen PN6 und PN10 mit einem Aussendurchmesser von 50 und 63 mm aus Polyäthylen hoher Dichte eingesetzt. Sie werden etwa 1 m tief im Erdreich verlegt. Die Glasfaserleitungen werden mit Druckluft bei maximal 10 bar innerhalb von höchstens zwei Stunden installiert. Für die Rohre wird eine Lebensdauer von mindestens 30 Jahren gefordert, während der ein Auswechseln der Glasfaserleitungen, also auch eine Neuinstallation mit Druckluft, jederzeit möglich sein muss. Daraus ergeben sich die zwei wichtigsten Anforderungen, die im praktischen Einsatz an die Rohre gestellt werden: Sie müssen während ihrer Lebensdauer mehrmals für die Dauer eines Installationsvorgangs dem Kompressor Druck von 10 bar während zwei Stunden standhalten können. Dasselbe gilt auch für die Rohrverbindungen (Schraubmuffen). Darüber hinaus muss gewährleistet sein, dass sich der Innendurchmesser aufgrund der Erdlast an keiner Stelle über ein gewisses Mass verringert, da dies den Schutz vor mechanischer Einwirkung gefährden und bei Neuinstallationen zum Blockieren der Glasfaserleitungen im Rohr führen würde. Die Rohre müssen also eine ausreichende Kurz- und Langzeitringsteifigkeit haben. Eine weitere Forderung ist die Abriebfestigkeit, da das Rohr sonst bei mehrfacher Installation von Kabeln beschädigt werden könnte.

Die im PTT-Pflichtenheft für Kunststoffrohre zusammengestellten Grundforderungen an Rohrwerkstoffe und Rohre selber enthalten folgende zu überprüfende Eigenschaften sowie die entsprechenden Prüfvorschriften:

- Schmelzviskosität (Melt Flow Index) MFI 190/5 (190° bei 5 kg)
- Russgehalt
- Verhalten nach Wärmebehandlung
- Festigkeitseigenschaften im Zeitstand-Innendruckversuch
- Dichtheit der Muffenverbindung.

Bislang wurde ein Werkstoff gemäss DIN 8075 (Rohre aus Polyäthylen hoher Dichte, allgemeine Güteanforde-

rungen, Prüfung) eingesetzt. Rohre aus diesem Werkstoff müssen demnach dem Nenndruck PN über eine Dauer von 50 Jahren standhalten können. Der Einsatz von Regranulaten als Werkstoff war bisher nicht vorgesehen.

#### 5 Kabelschutzrohre aus Polyäthylen-Regranulat

Für den Einsatz im Rohrbereich kommen bei Polyäthylen folgende Ausgangsmaterialien in Frage:

*PE-HD:*

- Rohrabfälle aus Baustellenverschnitt und Altrohre aus Abbrucharbeiten
- Hohlkörper: Flaschen und Kanister
- Folien: Tragetaschen und Schwergutsäcke

*PE-LD:*

- Folien: Transport- und Umverpackungen
- Bau- und Landwirtschaftsfolien, Tragetaschen, Säcke

Polyäthylen geringer Dichte (PE-LD) weist zwar eine geringe Steifigkeit auf, eignet sich aber in einer Mischung mit PE-HD (Mischungsverhältnis LD/HD: 80/20 oder 70/30) durchaus für Rohranwendungen.

Für Telekommunikationsanwendungen bei der Telecom PTT bieten sich folgende Rohr- und Materialvarianten aus Polyäthylen-Regranulat an:

- Kompaktrohre aus PE-HD oder PE-LD/HD:
  - K44, 50 × 2,9 mm, PN 6
  - K40, 50 × 4,6 mm, PN 10
  - K55, 63 × 3,6 mm, PN 6, alle innen gerieft
- zweischichtiges Profilrohr entweder aus PE-HD oder aus PE-HD und PE-LD/HD, innen glatt.

Die Kompaktrohre entsprechen den im Pflichtenheft für Kunststoffrohre angegebenen Abmessungen, bei den Profilrohren handelt es sich um eine aus dem KWF-Projekt «Rohr» hervorgegangene Entwicklung (Fig. 1).



Fig. 1 Kabelschutzrohre aus PE-Regranulat



Tabelle I. Durchgeführte Prüfungen

Eigenschaft	Anforderung nach Pflichtenheft PTT
Schmelzviskosität (Melt Flow Index) MFI 190/5 (190 °C bei 5 kg)	0,3 bis 1,1 g/10 min
Russgehalt	2 bis 3 Gew. %
Längenänderung nach Wärmebehandlung	< 3 %
Dichtheit der Muffenverbindung	Dichtheit während 1 h bei 1,5 × Nenndruck und Raumtemperatur
Zeitstand-Innendruckfestigkeit bei 10, 12 und 18 bar	2h bei 10 bar und Raumtemperatur
Zug-Elastizitätsmodul	Keine
Zugfestigkeit	Keine
Kurzzeit-Berstdruck	Keine
Anfangsringsteifigkeit (Scheiteldruckversuch)	Keine

Bei der Verlegung in Oppligen kam ein Rohr vom Typ K44 aus PE-HD-Regranulat, hergestellt bei *Alphacan Somo* in Eysins (VD), zum Einsatz.

## 6 Prüfungen von Kabelschutzrohren aus Regranulaten bei der Empa

Zusammen mit ähnlichen Rohren, die für die Anwendung bei der Deutschen Bundespost Telekom vorgesehen sind, und den erwähnten zweischichtigen Profilrohren wurde das in Oppligen eingesetzte Rohr bei der Empa geprüft.

Aus *Tabelle I* sind die an Material und Bauteil durchgeführten Prüfungen ersichtlich.

Die Prüfungsergebnisse sind in den *Tabellen II* und *III* zusammengestellt. Aus *Figur 2* sind zwei Rohre nach einem Berstversuch ersichtlich.

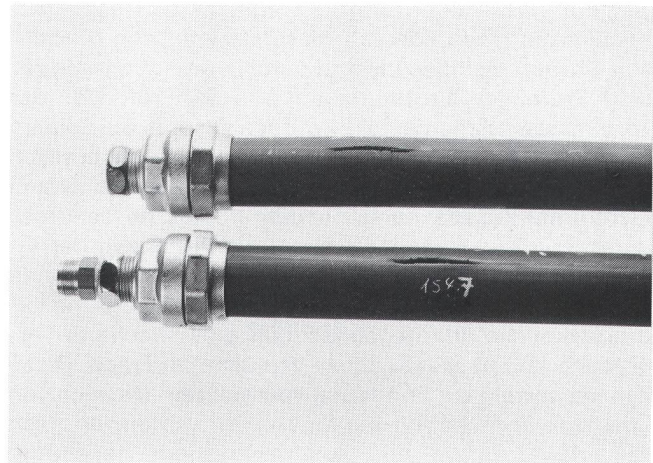


Fig. 2 Kabelschutzrohre aus Polyäthylen-Regranulat nach Kurzzeit-Berstversuch bei Raumtemperatur, duktiler Bruch

Wie die Ergebnisse zeigen, werden die Anforderungen des Pflichtenheftes von allen Rohrvarianten erfüllt, teilweise sogar weit übertroffen. Die zweischichtigen Profilrohre haben gegenüber den Kompaktrohren den Vorteil wesentlich geringeren Gewichts bei vergleichbarer Ringsteifigkeit. Ihre vergleichsweise niedrigere Zeitstandinnendruckfestigkeit liesse sich durch Optimierung des Wandaufbaus (beispielsweise durch Erhöhung der Dicke der glatten Innenschicht) durchaus verbessern.

Um Aussagen über das Kriechverhalten machen zu können, wurden Ergebnisse aus einem Zeitstand-Scheiteldruckversuch herangezogen, der bei der EMPA im Rahmen von Untersuchungen nach dem VKI-Merkblatt «Ka-

Tabelle II. Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit

	PE-LD/HD 80/20	PE-HD
Zug-Elastizitätsmodul [N/mm <sup>2</sup> ]	300	800
Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	10	18

Tabelle III. Ergebnisse der Bauteilprüfungen

	PE-HD 50 × 2,9 mm, PN6	PE-HD 50 × 4,6 mm, PN 10	PE-LD/HD 80/20 50 × 4,6 mm, PN 10	2-Schicht-Profilrohr Innenschicht PE-HD Profil PE-HD 50 × 5,2 mm	2-Schicht-Profilrohr Innenschicht PE-HD Profil PE-LD/HD 70/30 50 × 5,2 mm
Standzeit bei:					
10 bar [h]	> 2300	> 2300	> 2300	70	ca. 2,5
12 bar [h]	> 2300	—	> 2300	7	—
18 bar [h]	3	> 2300	5–7	—	—
Berstdruck [bar]	25	40	24	18	15
Anfangsringsteifigkeit (nach 1 min) [N/mm <sup>2</sup> ]	0,209	0,578	0,346	0,226	0,133



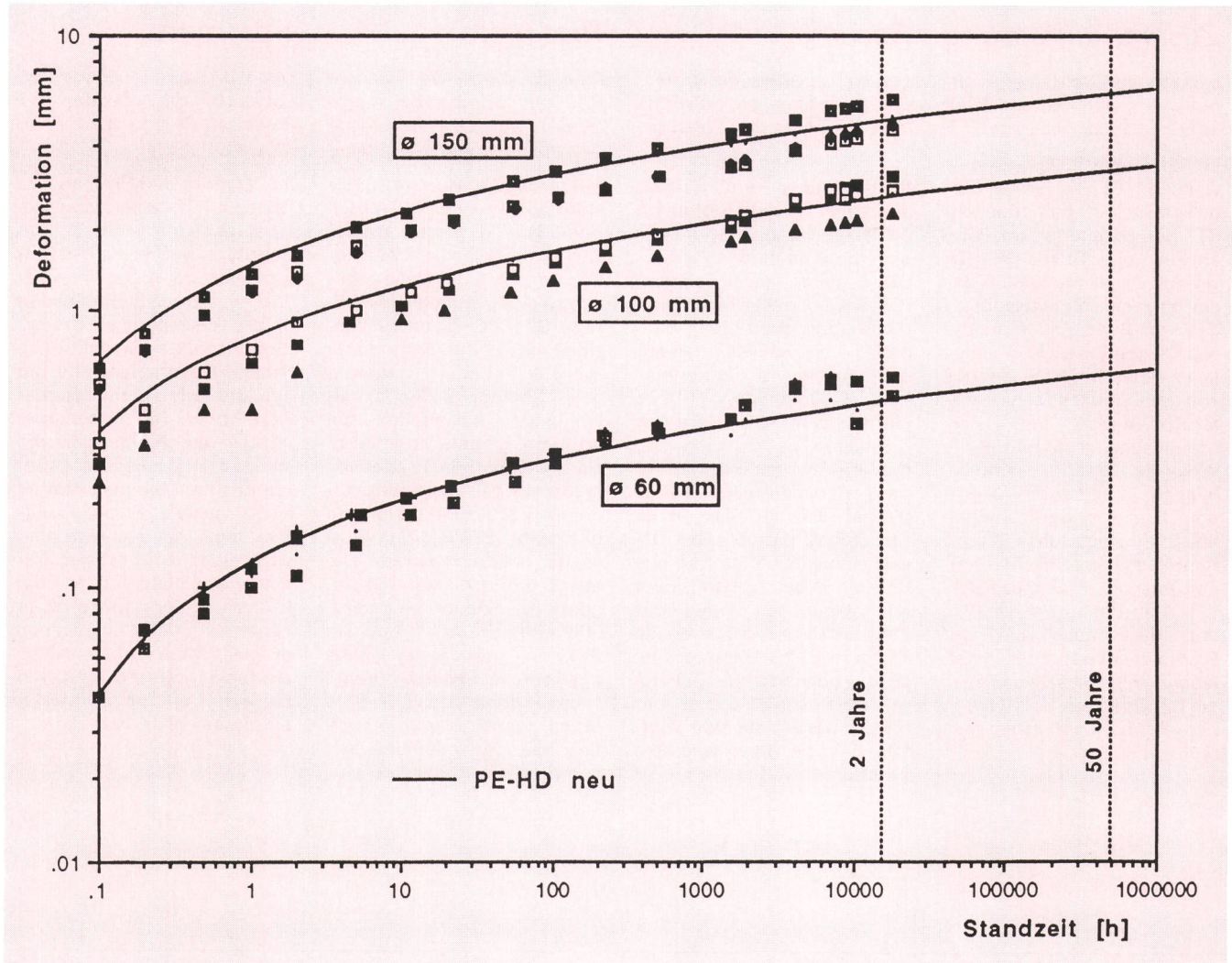


Fig. 3 Kriechen von PE-Rohren

Durchgezogene Linien: PE-HD neu, extrapoliert bis 50 Jahre

Symbole: Regranulat PE-LD/HD 80/20

belschutzrohrleitungen aus Polyäthylen» vom 1. Februar 1990 (VKI: Verband der Kunststoffindustrie, heute Kunststoffverband Schweiz KVS) an Elektro-Kabelschutzrohren durchgeführt wurde. Solche Rohre werden bereits seit über 12 Jahren standardmässig aus Polyäthylenregranulat (PE-LD/HD 80/20) hergestellt.

Figur 3 zeigt das Kriechverhalten von Rohren verschiedener Durchmesser und verschiedener Hersteller während zweier Jahre im Vergleich mit Rohren aus neuem Polyäthylen hoher Dichte. Sie wurden zwischen zwei 120°-Prismen beansprucht. Diese Kurven weisen auf

analoges Kriechverhalten von Rohren aus regeneriertem und aus primärem Material hin. Das bedeutet, dass auch bei Regeneraturohren die Langzeitverformung berechenbar ist und für lange Standzeiten extrapoliert werden kann.

Im Rahmen der erwähnten Untersuchungen wurden auch Sandstrahl- und Schleifversuche durchgeführt. Diese haben gezeigt, dass es beim Abriebverhalten keinen Unterschied zwischen primärem und regeneriertem Polyäthylen gibt.



## Zusammenfassung

*Einsatz von Kabelschutzrohren aus regeneriertem Polyäthylen bei der Telecom PTT*

Im November 1992 wurde in Oppligen BE ein erstes Kabelschutzrohr der Telecom PTT aus regeneriertem Polyäthylen hoher Dichte (PE-HD) verlegt. Es handelte sich dabei um eine Pilotanwendung des von Bund und Industrie getragenen Entwicklungsprojekts Rohr, im Rahmen des von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in die Wege geleiteten Gesamtvorhabens Kunststoffreintegration. Umfassende Prüfungen haben gezeigt, dass solche Rohre die im Pflichtenheft der Telecom PTT spezifizierten Anforderungen erfüllen, besonders auch die der Dichtheit während der Installation von Glasfaserkabeln, die mit Druckluft bei 10 bar in das Rohr eingeblasen werden.

## Résumé

*Emploi de tubes de protection de câbles en polyéthylène régénéré par Télécom PTT*

Au mois de novembre 1992, le premier tube de protection de câbles en polyéthylène régénéré de haute densité (PE-HD) a été posé par Télécom PTT à Oppligen BE. Il s'agit d'une application pilote d'un projet de développement soutenu par la Confédération et l'industrie, intitulée «Rohr», dans le cadre d'une campagne de recyclage de matières synthétiques lancée par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches (Empa). Des essais extensifs ont montré que de tels tubes satisfaisaient aux exigences spécifiées dans le cahier des charges de Télécom PTT, notamment en ce qui concerne l'étanchéité durant la pose de câbles à fibres optiques, qui sont soufflés dans le tube avec une pression de 10 bar.

## Riassunto

*Impiego presso le Telecom PTT di un primo tubo di protezione per cavi fabbricato con polietilene rigenerato*

Nel mese di novembre 1992 è stato posato a Oppligen BE il primo tubo di protezione per cavi delle Telecom PTT fabbricato con polietilene rigenerato di elevata densità (PE-HD). Si tratta di un'applicazione pilota del progetto di sviluppo «tubo» sostenuto dalla Confederazione e dall'industria nell'ambito del progetto globale «reintegrazione del materiale sintetico» realizzato dal laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca (LPMR). Numerosi esami hanno mostrato che questi tubi soddisfano le esigenze specificate nel capitolato d'onere delle Telecom PTT, in particolare anche quelle della densità durante l'installazione di cavi in fibra ottica, i quali vengono insufflati nel tubo mediante aria compressa a 10 bar.

## Summary

*Use of Cable Protection Tubes by the Telecom PTT made of Regenerated Polyethylene*

In November 1992, a first Telecom PTT cable protection tube made of recycled high density polyethylene (PE-HD) was installed at Oppligen BE. This was a pilot application of the development project 'Rohr' (tube), financed by the Federal Government and the industry within the framework of a comprehensive plastics recycling programme initiated by the Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Empa. Extensive tests have shown that such tubes meet the requirements specified by Telecom PTT, particularly those of air tightness during installation of glass fibre cables which are blown into the tube with the aid of compressed air at a pressure of 10 bar.

---

*Die nächste Nummer bringt unter anderem:*

*Vous pourrez lire dans le prochain numéro:*

*Potrete leggere nel prossimo numero:*

12/93

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| Schwarz E.,<br>Vogel H. | Digital Audio Broadcasting (DAB): Grundlagen, Einführungsstrategien und Aktivitäten in der Schweiz |
| Koch M.,<br>Geiser W.   | Euteltracs, das neue Datenübertragungs- und Fahrzeugortungssystem über Satelliten                  |
| Flowers B. G.           | Le nouveau centre de contrôle de l'Eurovision à Genève   |
| Cavadini J.             | Les télécommunications et l'Europe de la recherche   |
| Blunschli A.            | Normung, Zulassung und Vorschriften im europäischen Markt  |
-