

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 58 (1980)

Heft: 12

Artikel: Bau der Fernmeldekabelanlage = Costruzione dell'impianto di cavi telefonici

Autor: Rohrer, Franz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875913>

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: 05.04.2026

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

Bau der Fernmeldekabelanlage

Costruzione dell'impianto di cavi telefonici

Franz ROHRER, Bern

621.315.212(494);624.196.035.2(494);654.116.32(494)

Zusammenfassung. Mit dem Bau des 16,3 km langen Strassentunnels Gotthard ergab sich für die PTT-Betriebe die günstige Gelegenheit, mit einem neuen, den letzten Übertragungs- und Leitungsbedürfnissen angepassten Telefonkabel die Alpenkette zu durchqueren und die Leistungsfähigkeit der Nord-Süd-Fernmeldeverbindung erheblich zu verstärken. Gewählt wurde hierzu ein 12rohriges Koaxialkabel 2,6/9,5 mm für 60-MHz-Betrieb. Die Verstärkerstellen und die auszulegenden Kabellängen mussten den Distanzen von 750 bis 815 m zwischen den Ausstellnischen des Tunnels angepasst werden. Im Artikel werden die technischen Besonderheiten und organisatorischen Probleme aufgezeigt, mit denen sich die Fachleute zu befassen hatten. Als besondere Erschwerung erwiesen sich die Arbeit «unter Tag» und die durch den noch herrschenden Baustellenbetrieb stark staubhaltige Luft.

Pose d'un câble de télécommunications

Résumé. La construction du tunnel routier du St-Gothard a été pour les PTT une possibilité bienvenue de poser un nouveau câble téléphonique adapté aux plus récents progrès en matière de qualité et de capacité de transmission. Cette artère qui traverse la chaîne des Alpes permet d'augmenter sensiblement le volume des télécommunications nord-sud. Le choix s'est porté sur un câble coaxial à 12 tubes de 2,6/9,5 mm pour utilisation jusqu'à 60 MHz. Pour installer les stations d'amplificateurs distants de 750 à 815 m et pour répartir les longueurs de câbles à poser, on a dû tenir compte de l'emplacement des places de dégagement. Cet article décrit les particularités techniques de ce travail et les problèmes d'organisation qui se sont posés aux spécialistes. Le long séjour à la lumière artificielle et la poussière permanente provenant du trafic de chantier constituèrent des difficultés supplémentaires.

Riassunto. Con la costruzione della galleria autostradale del San Gottardo, della lunghezza di 16,3 km, all'Azienda delle PTT si è presentata una favorevole occasione di attraversare la catena delle Alpi con un nuovo cavo telefonico aggiornato con le più recenti innovazioni tecniche, e potenziare quindi in modo rilevante le prestazioni delle trasmissioni telefoniche fra il nord e il sud. A tale scopo è stato scelto un cavo coassiale a 12 tubi di 2,6/9,5 mm equipaggiato per l'esercizio a 60 MHz. I punti di amplificazione e le relative lunghezze dei cavi dovettero venire adattati alle distanze, varianti fra i 750 e gli 815 m, delle nicchie d'emergenza della galleria. Nell'articolo vengono illustrati i particolari aspetti tecnici e i problemi organizzativi affrontati dagli specialisti incaricati. Le precarie condizioni di illuminazione e l'aria densa di polvere sollevata dall'intenso traffico di cantiere, hanno reso particolarmente gravoso lo svolgimento del lavoro.

1 Allgemeines

Die Gelegenheit des Baus eines Strassentunnels unter dem Gotthard bewog die PTT-Betriebe, durch Verlegen eines Koaxialkabels eine neue Nord-Süd-Fernmeldeverbindung zu erstellen. Für den Kabelzug stellten sich eine Vielzahl anspruchsvoller und zum Teil neuartiger Probleme organisatorischer, arbeitstechnischer und personeller Art. Sie waren zur Hauptsache bedingt durch den noch regen Baustellen-Lastwagenverkehr auf der nur 7,8 m breiten Fahrbahn und die damit verbundene Staubemission. Die vertikale Anordnung der Kabeleinzugsrohre aus Asbestzement an einer der Tunnelwände — mit dem untersten Rohr in 2,35 m Höhe —, die ausserordentliche Länge der einzuziehenden Kabel von bis 831 m zwischen den Ausstellnischen und der Umstand, dass alle Arbeiten unter Tag bei künstlichem Licht ausgeführt werden mussten, spielten ebenfalls eine erschwerende Rolle.

Der bereits 1975 gefällte Entscheid, für die Kabelverlegung Asbestzementrohre mit 100 mm lichtem Durchmesser und nicht Kunststoffrohre zu verwenden, trug den Befestigungsmöglichkeiten an der Tunnelwand und dem damit verbundenen Kostenaufwand Rechnung. Für die Asbestzementrohre bedurfte es nur alle 4 m einer Aufhängehalterung; für die Kunststoffrohre wäre eine solche alle 2,3 m nötig gewesen. Schliesslich kam man mit der Verwendung von Asbestzementrohren auch den feuerpolizeilichen Sicherheitsmassnahmen entgegen. Als Nachteil erwies sich, dass über den Reibungskoeffizienten dieser Rohre praktisch keine Angaben zur Verfügung standen. Es mussten somit vorgängig Einzugsversuche zur Ermittlung des günstigsten Gleitmittels durchgeführt werden, wobei aus vorgängigen Untersuchun-

1 Aspetto generale

La costruzione della galleria autostradale del San Gottardo ha offerto all'Azienda delle PTT l'occasione, mediante la posa di un cavo coassiale, di realizzare un nuovo impianto di collegamenti telefonici tra il nord e il sud. Per il tiro del cavo si sono presentati numerosi problemi, in parte del tutto nuovi, sia dal profilo tecnico e organizzativo che da quello del personale, causati in massima parte dall'intenso traffico di cantiere nella galleria, larga soltanto 7,8 m, e dalla polvere sollevata dagli automezzi. Anche la disposizione verticale della batteria di tubi per i cavi, collocata su una delle pareti della galleria con il tubo più basso posto ad un'altezza di 2,35 m dal suolo, la lunghezza eccezionale dei cavi da tirare, commisurata fino alla distanza di 831 m esistente fra le nicchie di emergenza e il fatto che tutti i lavori dovettero venire eseguiti in condizioni precarie di illuminazione hanno notevolmente contribuito ad aumentare le difficoltà.

La decisione di impiegare tubi di cemento-amianto del diametro interno di 100 mm, al posto di quelli in materiale sintetico, è stata presa già nel 1975 e si è basata sulle migliori possibilità di fissaggio alla parete e sui relativi minori costi di costruzione. Infatti i tubi di cemento-amianto necessitano di un ancoraggio ogni 4 m al posto dei 2,3 m per quelli di materiale sintetico. Infine, la scelta dei tubi di cemento-amianto tiene anche conto delle misure di sicurezza previste dalla polizia del fuoco. Un lato negativo era però rappresentato dall'assenza di dati relativi al coefficiente di attrito. Si dovettero perciò effettuare prove di tiro per determinare la scelta del miglior mezzo di lubrificazione, tenendo conto che precedenti ricerche avevano indicato che i cavi coassiali di

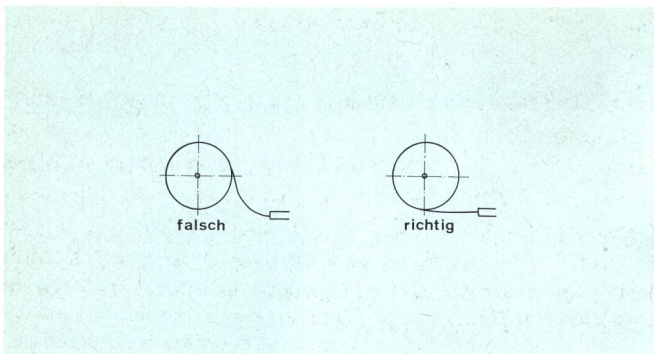


Fig. 1
Aufstellen des Haspels vor dem Einzugsrohr — Collocamento dell'aspo davanti al tubo per il tiro dei cavi
Falsch — Sbagliato Richtig — Giusto

gen bekannt war, dass die Koaxialkabel 2,6/9,5 mm mit FF-Armierung¹ bei geradlinigem Einzug mit höchstens 35 000 N (~ 3500 kp) belastet werden dürfen, ansonsten die Rückflussdämpfung über die festgesetzte Toleranzgrenze hinaus beeinträchtigt wird. Zudem war noch zu beachten, dass für Umlenkungen unter Zug nachstehende Kräfte nicht überschritten werden dürfen:

- bei Umlenkungen über Einzugssegmente mit 1 m minimalem Radius und Rollen, deren Rillenbreite dem Kabeldurchmesser angepasst ist
 - für 90°-Umlenkung: ~ 15 000 N (1500 kp)
 - für 60°-Umlenkung: ~ 20 000 N (2000 kp)
 - für 30°-Umlenkung: ~ 23 000 N (2300 kp)
- bei Umlenkung in einem Kunststoffrohr um 90° mit einem minimalen Biegeradius von 3 m: ~ 30 000 N (3000 kp)

Zusätzlich waren noch folgende Bedingungen einzuhalten:

- a) Die Kabelhaspel muss während der ganzen Zugdauer mit mindestens 1000 N (~ 100 kp) gebremst werden.
- b) Die Haspel muss immer so aufgestellt werden, dass das Kabel im Übergang von der Haspel in die Einzugsanlage nie zwei entgegengesetzt gerichtete Abbiegungen erfährt (Fig. 1).

2 Vorgängige Einzugsversuche

In die vorgängigen Einzugsversuche zur Ermittlung des günstigsten Gleitmittels für Asbestzementrohre wurde neben den klassischen Gleitmitteln, wie Wasser und Kabelgleitfett (technische Vaseline), auch das Bestreuen des Einzugsrohres mit kugeligem PVC-Granulat von 2...4 mm Durchmesser einbezogen. Gleichzeitig wurde auch untersucht, welche Kabelbewehrung sich hierzu besser eignet, die reine FF-Armierung¹ oder die FF-Armierung mit darüberliegendem PE-Mantel.

Für die Versuche wurden zwei Teilnehmerkabel von je 250 m Länge verwendet, deren Gewicht ungefähr jenem des vorgesehenen Koaxialkabels mit 12,7 kg/m entsprach (12,1 kg/m für das Kabel mit FF-Armierung und 13,1 kg/m für jenes mit PE-Mantel über der FF-Armierung).

2,6/9,5 mm mit armaturen FF¹, possono al massimo sopportare uno sforzo di trazione lineare di 35 000 N (~ 3500 kp). Inoltre bisognava tener conto che per le curvature sotto tiro non si possono oltrepassare i seguenti valori:

- per curvature mediante segmenti con un raggio minimo di 1 m e pulegge con gole adeguate al diametro del cavo:
 - per curve di 90°: ~ 15 000 N (1500 kp)
 - per curve di 60°: ~ 20 000 N (2000 kp)
 - per curve di 30°: ~ 23 000 N (2300 kp)
- per curvature a 90° in tubi sintetici con un raggio di curvatura minimo di 3 m: ~ 30 000 N (3000 kp)

Oltre a ciò bisognava rispettare le seguenti condizioni:

- a) L'aspo deve essere frenato con una forza minima di 1000 N (100 kp) durante tutta l'operazione di tiro.
- b) L'aspo deve sempre essere disposto in modo che il passaggio del cavo dallo stesso all'imboccatura della tubazione non abbia a creare due curvature contrapposte (fig. 1).

2 Prove di tiro preliminari

Nelle prove eseguite per scegliere il mezzo di lubrificazione più adatto ai tubi di cemento-amianto, accanto ai mezzi tradizionali come acqua e vaselina industriale, è stato sperimentato anche l'uso di sferette di PVC del diametro da 2 a 4 mm. Contemporaneamente venne esaminato quale tipo di armatura fosse più idoneo: la semplice armatura FF oppure quella FF con guaina esterna in PE.

Per le prove vennero impiegati due cavi d'abbonato ognuno della lunghezza di circa 250 m, il cui peso, di 12,7 kg/m, corrispondeva all'incirca a quello del previsto cavo coassiale (vale a dire 12,1 kg/m per il cavo con armatura FF e 13,1 kg/m per quello FFT).

Tabelle I. Risultati delle prove di scorrimento per il tiro dei cavi nella galleria del San Gottardo

	Gleitreibungsfaktor μ_r für — Fattore di scorrimento μ_r per	
	Kabel mit FF-Armierung — Cavi con armatura FF	Kabel mit PE-Mantel — Cavi con manto di PE
<i>Asbestzementrohr — Tubo di cemento-amianto:</i>		
– Ohne Gleitmittel — Senza lubrificante	0,28...0,37	0,43...0,54
– Wasser (etwa 30 l/min) — Acqua (circa 30 l/min)	0,33...0,47	0,26...0,38
– Kabelgleitfett ¹ (etwa 7 kg/ 250 m) — Vaseline industriale ¹ (circa 7 kg/250 m)	0,30...0,32	0,17...0,23
– Kabelgleitfett mit fließendem Wasser — Vaseline industriale con acqua corrente	0,18...0,22	0,15...0,18
– Kugeliges PE-Granulat (etwa 20 g/m Rohr) — Sferette di PE (circa 20 g/m di tubo)	0,12...0,17	0,18...0,38

¹ Kabelgleitfett (technische Vaseline PTT Art. Nr. 712.043.9) — Vaseline industriale neutra (Art. PTT No 712.043.9)

¹ FF = Armatura composta di due fili di ferro piatti, di 1,2 mm di spessore, avvolti a spirale in senso reciprocamente contrario

Tabelle II. Ergebnisse der Gleitmittelversuche aus früheren Untersuchungen

Tabella II. Risultati di precedenti ricerche di prove di scorrimento

	Gleitreibungsfaktor μ_r für – Fattore di scorrimento μ_r per	
	Kabel mit FF-Armierung – Cavi con armature FF	Kabel mit PE-Mantel – Cavi con manto di PE
– Gleitrolle (Rillenbreite dem Kabeldurchmesser angepasst) – Pulegge con gole adatte al cavo	0,09...0,17	0,09...0,17
– Betonrohr ohne Gleitmittel – Tubo di cemento senza lubrificante	0,44...0,52	0,69...0,71
– Auf Kabel mit FF-Armierung ohne Gleitmittel – Cavo con armatura FF senza lubrificante	0,22	–
– Hart-PVC-Rohr ohne Gleitmittel – Tubo di PVC duro senza lubrificante	0,37...0,45	0,40...0,44
– Hart-PVC-Rohr mit Wasser – Tubo di PVC duro con acqua	0,22...0,26	0,29...0,33
– Hart-PVC-Rohr mit Kabel- gleitfett ¹ – Tubo di PVC duro con vaselina industriale ¹	0,18	0,09...0,13

¹ Kabelgleitfett (technische Vaseline PTT Art. Nr. 712.043.9) – Vaseline industriale neutra (Art. PTT No 712.043.9)

Die Ergebnisse sind in *Tabelle I* zusammengestellt und der Vollständigkeit halber noch mit Angaben aus früheren Versuchen ergänzt (*Tab. II*).

Als günstigste Gleitmittel für die FF-Kabel-Bewehrung erwiesen sich das Kunststoffgranulat ($\mu_r = 0,12...0,17$) und das Kabelgleitfett mit Wasserbeigabe ($\mu_r = 0,18...0,22$). Aber auch Kabelgleitfett allein ($\mu_r = 0,30...0,32$) hätte gemäss nachstehender Berechnung schliesslich genügt, das längste Koaxialkabelteilstück von 831 m im geradlinigen Verlauf einzuziehen, ohne dass die maximal zulässige Zugkraft von 35 000 N (~ 3500 kp) erreicht worden wäre.

$$P = \mu_r \cdot G' \cdot L = 0,32 \cdot 12,7 \cdot 815 = 3310 \text{ N}$$

μ_r = Maximaler Wert des ermittelten Gleitreibungsfaktors für Kabelgleitfett allein

G' = Kabelgewicht je Meter

L = Länge des Asbestzementrohres (815 m für die grösste einzuziehende Kabellänge von 831 m)

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde beschlossen, auf die Verwendung des in der Herstellung teureren Kabels mit PE-Mantel über der FF-Armierung zu verzichten. Schliesslich wurde auch entschieden, zur Verbesserung des Mantelschutzfaktors den ursprünglich vorgesehenen Bleimantel durch einen Aluminiumwellmantel zu ersetzen. Damit reduzierte sich das Kabelgewicht auf 8,5 kg/m und die maximal zu erwartende Einzugskraft bei Anwendung von Kabelgleitfett auf ungefähr 22 000 N (2200 kp).

3 Organisation des Kabelzuges

Die Organisation und die Ausführung der Kabelzugarbeiten waren der Kreistelefondirektion Bellinzona übertragen, wobei ihr die Fachexperten der Generaldirektion beratend zur Seite standen. Deren Dienststellen waren auch dafür besorgt, dass die benötigten Dieselfahrzeuge, Dieseldieseln, die elektrisch angetrie-

I risultati sono riassunti nella *tabella I*, che per maggior chiarezza è stata completata con quelli di precedenti prove (*tab. II*).

Le sferette di PVC risultarono il miglior mezzo di lubrificazione per cavi con armatura FF ($\mu_r = 0,12...0,17$) così come la vaselina industriale con aggiunta di acqua ($\mu_r = 0,18...0,22$). In definitiva però anche l'uso della sola vaselina ($\mu_r = 0,30...0,32$) si è rivelato sufficiente per il tiro rettilineo del più lungo spezzone di cavo coassiale di 831 m, senza che fosse raggiunta la massima forza di trazione tollerabile, pari a 35 000 N (~ 3500 kp):

$$P = \mu_r \cdot G' \cdot L = 0,32 \cdot 12,7 \cdot 815 = 33120 \text{ N}$$

μ_r = Valore massimo del fattore di scorrimento accertato con uso di vaselina

G' = Peso del cavo per m

L = Lunghezza del tubo di cemento-amianto (815 m per il più lungo spezzone di cavo di 831 m)

Sulla base di questi risultati si è rinunciato all'impiego del cavo con guaina di PE sull'armatura FF, in quanto più costoso. In fine, per migliorare il fattore di riduzione, è stato deciso di impiegare una guaina di alluminio corrugato al posto dell'usuale manto di piombo. Con ciò il peso del cavo è stato ridotto a 8,5 kg/m e la massima forza di trazione, con l'uso di vaselina, a circa 22 000 N (2200 kp).

3 Organizzazione del tiro cavi

L'organizzazione e l'esecuzione dei lavori di tiro cavi è stata affidata alla Direzione di circondario dei telefoni di Bellinzona, con la consulenza degli specialisti della Direzione Generale. Essa è pure stata incaricata di mettere a disposizione, entro i termini previsti, i necessari veicoli Diesel, i generatori Diesel, un argano elettrico in grado di sviluppare una trazione di 4 t munito di un dinamometro a registrazione, gli argani elettrici sussidiari, i segmenti di curvatura e relativi attrezzi speciali, così come un rimorchio a pianale ribassato della fabbrica di cavi di Cortaillod. Poiché l'aerazione della galleria non era ancora in funzione, non è stato possibile fare uso di macchinari con motore a benzina.

Il necessario materiale d'illuminazione è stato preso a noleggio dalla Direzione dei lavori della galleria, la quale ha pure provveduto tempestivamente e in maniera encomiabile, ad approntare i necessari collegamenti elettrici. I buoni rapporti con la Direzione dei lavori era comunque una premessa essenziale per un regolare svolgimento dei lavori di tiro dei cavi. I tempi di lavoro per i due lotti, «Portale nord – metà galleria» e «Portale sud – metà galleria», sono stati fissati perentoriamente per il lotto nord dal 2 ottobre al 6 dicembre 1978 e per il lotto sud dall'8 gennaio al 9 febbraio 1979.

In mancanza di un deposito sufficientemente ampio, i cavi dovettero venire forniti a scaglioni, entro i termini previsti, direttamente dalla fabbrica alle stazioni ferroviarie di Göschenen e di Airolo. Il gruppo addetto al tiro dei cavi, costituito dalla Direzione di circondario dei telefoni di Bellinzona, era composto di 11 specialisti della Direzione di circondario dei telefoni di Bellinzona e 9 aiuti provenienti da ditte private. Esso aveva a disposizione: 1 vecchio torpedone delle PTT, per il trasporto del

bene Kabelzugwinde mit 4 t Zugkraft und registrierendem Dynamometer, die elektrischen Hilfswinden, alle Umlenkelemente und Spezialwerkzeuge sowie der 20-t-Tiefganganhänger der Kabelwerke Cortailod mit Bedienung termingerecht zur Verfügung standen. Weil die Tunnelbelüftung noch nicht in Betrieb war, durften keine mit Benzin betriebenen Maschinen eingesetzt werden.

Die Bauleitung des Strassentunnels stellte das Beleuchtungsmaterial in Miete zur Verfügung und war, besonders hervorzuheben ist, jeweils auch in zuvorkommender Weise dafür besorgt, die benötigten elektrischen Anschlüsse zeitgerecht bereitzustellen. Das gute Einvernehmen mit der Bauleitung war übrigens eine wesentliche Voraussetzung für das gute Vorankommen der Kabelzugarbeiten. Die Termine für beide Kabelzug-Baulose «Portal Nord (Göschenen)–Tunnelmitte» und «Portal Süd (Airolo)–Tunnelmitte» waren verbindlich vorgegeben, und zwar für die nördliche Tunnelhälfte vom 2. Oktober bis 6. Dezember 1978 und für die südliche Tunnelhälfte vom 8. Januar bis 9. Februar 1979.

In Ermangelung von genügendem Lagerplatz mussten die Kabel vom Kabelwerk gestaffelt und termingerecht auf die Bahnstationen Göschenen und Airolo geliefert werden. Die von der Kreistelefondirektion Bellinzona zusammengestellte Kabelzugequipe setzte sich aus 11 Mann der Kreistelefondirektion Bellinzona und 9 Mann von privaten Unternehmungen zusammen. Sie verfügte über 1 Mannschaftstransportfahrzeug (alter PTT-Car), 1 Lastwagen für den Kabel-Tiefganganhänger und Materialtransporte, 1 Lastwagen mit aufgebautem Arbeitspodest, 1 Lastwagen für Werkzeug- und Materialtransporte, 2 Unimog für das Vorbereiten der Spleissnischen.

Für die Mittagsverpflegung wurden die Equipen jeweils nach Göschenen oder Airolo transportiert.

4 Arbeitsorganisation

Die zu verlegenden Kabel hatten, entsprechend dem Abstand zwischen den Spleissstellen in den Ausstellnischen, eine Länge von 730...831 m. Sie wurden mehrheitlich auf Kabelhaspeln von 3,1 m Durchmesser und 1,5 m Breite geliefert. Die schwerste Haspel hatte ein Anlieferungsgewicht von 14 t. Für den Transport von der Bahnstation auf die Baustelle und für das Aufbocken und Bremsen der Haspeln während des Kabelzuges stand ein besonderer Tiefganganhänger der Kabelwerke Cortailod mit hydraulischer Hebeeinrichtung zur Verfügung. Er wurde von einem Spezialisten des Kabellieferanten bedient, der auch die Verantwortung für das fachgerechte Auf- und Abladen der Haspeln trug. Für das Abbremsen der Haspeln war der Anhänger ursprünglich nur mit einem Bremsband versehen. Das ruckartige Drehen der so gebremsten Haspel gefährdete jedoch die Übertragungsqualität des Kabels: das Anbringen eines zusätzlichen Bremsbandes erwies sich als unumgänglich. *Figur 2* zeigt den beladenen Tiefganganhänger mit den zwei Bremsbändern. Die beiden Spannhebel der Bremsbänder wurden während des Kabelzuges mit definierten Gewichten belastet.

Um einen geordneten und rationellen Arbeitsablauf mit möglichst kleinen Unfallrisiken zu gewährleisten,

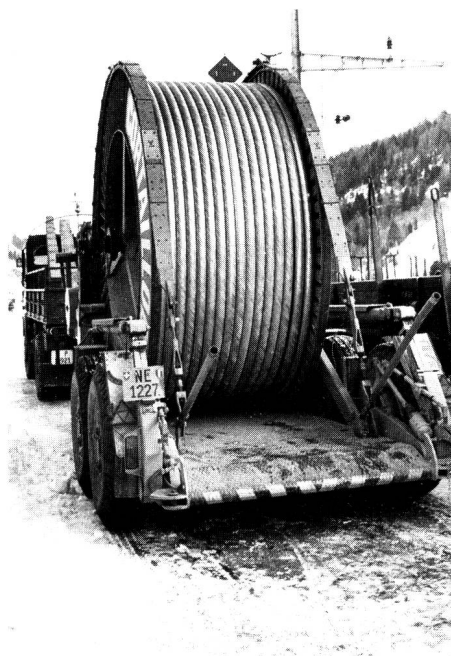


Fig. 2
Der mit einem vollen Kabelhaspel beladene 20-t-Tiefganganhänger. Gut sichtbar sind die zwei auf den Haspelflanschen liegenden Bremsbänder — Il rimorchio a pianale ribassato da 20 t con un aspo pieno. Ben visibili i due freni a nastro applicati alle flange dell'aspo

personale, 1 autocarro per il trasporto del materiale e il traino del rimorchio a pianale ribassato, 1 autocarro munito di piattaforma di lavoro, 1 autocarro per il trasporto delle attrezzature e di materiale vario, 2 Unimog per la preparazione delle nicchie di giunzione.

Per il pranzo le squadre furono trasportate a Göschenen o ad Airolo.

4 Organizzazione del lavoro

I cavi da posare avevano una lunghezza variante tra i 730...831 m, corrispondente alle distanze tra le nicchie di giunzione ricavate nelle piazzuole di emergenza. Essi sono stati forniti per la maggior parte su aspi del diametro di 3,1 m e della larghezza di 1,5 m. L'aspo più pe-

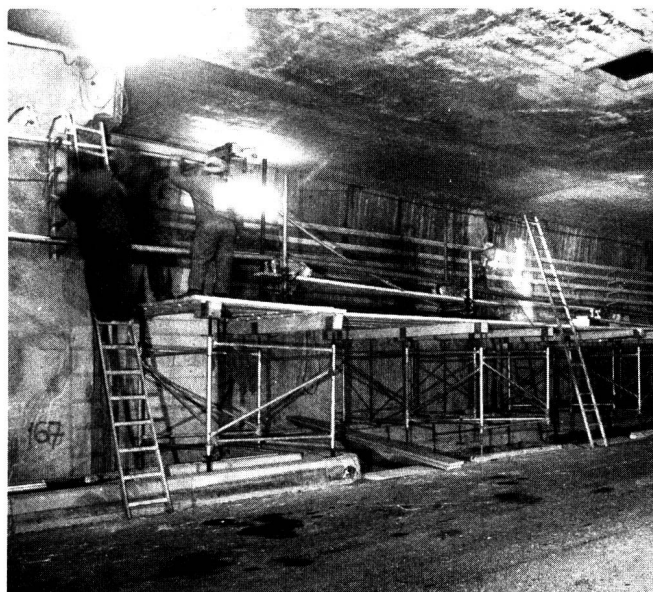


Fig. 3
Eines der zwei in den Ausstellnischen montierten Arbeitspodeste — Una delle due piattaforme di lavoro montate nelle piazzuole

wurde in der Ausstellnische auf der Seite des Kabeleinlasses sowie auf jener des Kabelzugendes je ein vorbereitetes, leicht transportierbares Holzpodest auf Stahlrohrstützen montiert (Fig. 3). Dies erlaubte zudem, das Kabel auf beiden Seiten optimal nach der Längsachse der Einzugsrohre auszurichten.

Weil der Sprechverkehr zwischen der Kabeleinlassstelle (Kabelhaspel) und dem Rohrzugende (Kabelzugmaschine) mit den normalerweise benützten Kleinfunkgeräten im leicht gebogenen Tunnelverlauf nicht einwandfrei sichergestellt werden konnte, wurde jeweils in einem der freien Rohrzüge eine Drahttelefonleitung eingezogen. Wegen des Baustellenlärms war eine genügende Verständigung nur unter Benützung von Kopfsprechgarnituren mit Hörmuscheln möglich (Fig. 4 und 5).

Der Arbeitsablauf des Kabelzuges erfolgte gemäss *Figur 6*.

Die Nylonschnur ist in jedem Rohrzug vorhanden (Fig. 7). Sie wurde nach Beendigung der Rohrmontage eingeblasen. Alle freien Rohrzüge sind gegen das Eindringen von Staub und anderen Verunreinigungen mit einem Pfropfen abgedeckt.

Die Kabelzugwinde mit 4 t Zugkraft, auf elektrischen oder Benzinantrieb umrüstbar, wurde besonders für die Arbeiten im Gotthard-Strassentunnel angeschafft. Die Zugkraft wird über ein Spill auf das Zugseil übertragen (die Verwendung eines Spills hat gegenüber dem Antrieb auf der Zugseilhaspel den Vorteil, dass sich das Seil praktisch nie verklemmt). Das Getriebe ist hydraulisch angetrieben und ermöglicht eine stufenlose, sanfte Geschwindigkeitsregulierung von 0...25 m/min unter Zug und bis 120 m/min für die Ausstosstufe. Das Registrierdynamometer mit Oberwertabstellkontakt ist mit einem Diagramm-Rollenspeicher für 16 m Papier ausgerüstet.

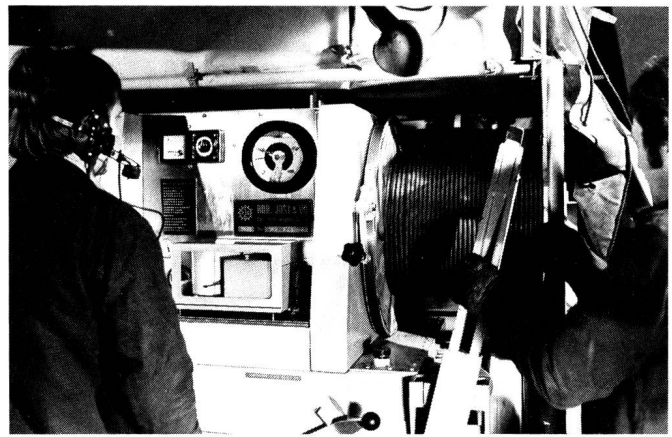


Fig. 5
Unter ständiger telefonischer Verbindung mit den Überwachungs-
personen auf den Arbeitspodesten und beim Kabelhaspel verfolgt der
Mann an der Kabelzugwinde aufmerksam das Zugdiagramm — Il ma-
novratore dell'argano controlla il diagramma di tiro, costantemente in
contatto telefonico con gli addetti alla piattaforma di lavoro e all'aspo

sante raggiungeva le 14 t. Per il trasporto, il sollevamento e la frenatura degli aspi durante le operazioni di tiro si è fatto uso di uno speciale rimorchio a pianale ribassato, munito di elevatori idraulici, di proprietà della fabbrica di cavi Cortaillod, manovrato da uno specialista della fabbrica stessa, responsabile del corretto andamento delle diverse operazioni. Dato che il rimorchio era munito di un unico sistema di freno a nastro, il cui impiego provocava però uno svolgimento a scatti dell'aspo, si è dovuto provvedere al montaggio di un freno supplementare per garantire una perfetta qualità di trasmissione del cavo. La *figura 2* mostra lo speciale veicolo con il suo carico, munito dei due freni citati. Sulla base delle esperienze acquisite durante il tiro dei cavi, le leve dei freni a nastro sono state caricate con pesi adeguati.

Fig. 4
Ein Koaxialkabel kurz vor dem Eintritt in den Asbestzement-Rohrzug mit 100 mm Innendurchmesser. Kabeldurchmesser: 76,3 mm; Kabelgewicht: 8,5 kg/m. Für die telefonische Verständigung war wegen des Baustellenlärms die Verwendung von Kopfsprechgarnituren unumgänglich — Cavo coassiale pronto per l'introduzione nel tubo di cemento-amianto del diametro interno di 100 mm. Diametro del cavo: 76,3 mm; peso: 8,5 kg/m. A causa dei rumori di cantiere è stato necessario fare uso di cuffie per le comunicazioni telefoniche di lavoro



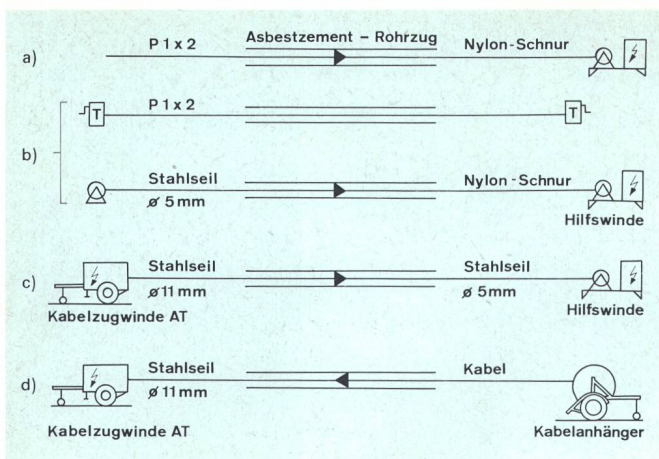


Fig. 6
 Schematische Darstellung des Arbeitsablaufs beim Kabelzug —
 Beschreibung schematische del procedimento lavorativo per il tiro di cavi
 Asbestzement-Rohrzug — Tubo di cemento-amianto
 Stahlseil — Cavo di acciaio
 Kabelzugwinde — Argano per tiro cavi
 Nylon-Schnur — Corda di Nylon
 Hilfswinde — Argano ausiliario
 Kabel — Cavo
 Kabelanhänger — Rimorchio per cavi

Der registrierende Krätemassstab beträgt 2,5 cm/1000 kp, der Längenmassstab 5 cm/100 m. Diese Kabelzugwinde wird in Zukunft für besondere Kabelzüge mit verlangtem elektrischem Antrieb allen Kreistelefondirektionen zur Verfügung stehen.

Eine besondere Einspannstütze mit verstellbarem Rollensegment (Fig. 8) erlaubte, in der Ausstellnische Seite Kabelzug die Seilzugrichtung genau auf die Längsachse des Rohrzuges auszurichten.

Die Kabel wurden mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 15...20 m/min eingezogen, wobei die Zugkraft für das Koaxialkabel den Wert von 16 000 N

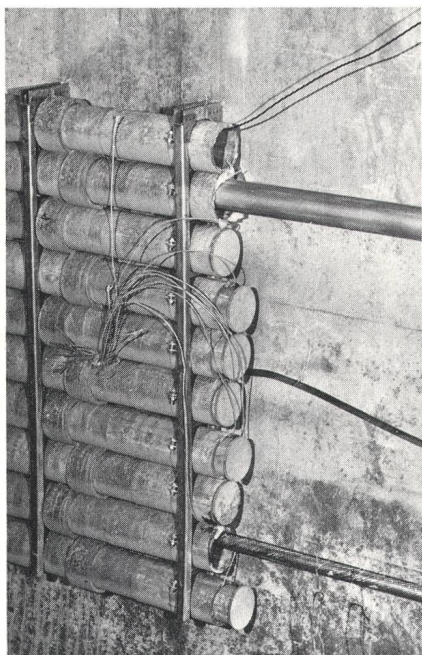


Fig. 7
 Die an der Tunnelwand montierte Rohrzugbatterie. In jedem Rohrzug ist eine Nylonschnur eingeklemmt. Die nicht belegten Rohrzüge sind, um das Eindringen von Verunreinigungen zu verhindern, mit Pfropfen versehen — La batteria di tubi fissata alla parete della galleria. Ogni tubo è munito di una corda di Nylon. A quelli non utilizzati è stato applicato un tappo per proteggerli dalle impurità

Per garantire un ragionevole, ordinato e sicuro svolgimento dei lavori, sono state montate, nelle piazzuole di emergenza all'inizio e alla fine di ogni spezzone di cavo, delle piattaforme di legno su tubolari di acciaio, prefabbricate e facilmente trasportabili (fig. 3). Grazie a questi accorgimenti è stato possibile introdurre i cavi in maniera ottimale lungo l'asse longitudinale del tubo.

Poiché l'uso dei normali apparecchi radio rice-trasmettenti per lo scambio di informazioni tra la postazione dell'aspo e quella dell'argano non era perfetta, a causa della curvatura della galleria, è stata posata di volta in volta, in un tubo libero, una linea telefonica. A causa dei rumori prodotti dal traffico di cantiere per ottenere una ricezione accettabile è stato necessario fare uso di guarnizioni di conversazione con cuffia (fig. 4 e 5).

Le operazioni di tiro dei cavi si svolsero secondo lo schema indicato alla figura 6.

Ogni tubo era già provvisto della corda di Nylon (fig. 7), precedentemente introdotta mediante getto d'aria. Tutti i tubi inutilizzati sono stati muniti di tappi per impedire l'entrata di polvere e altre impurità.

L'argano per il tiro cavi, capace di sviluppare una trazione di 4 t, con motore elettrico o a benzina, è stato acquistato appositamente per i lavori nella galleria del San Gottardo. La forza di trazione viene trasmessa alla fune di traino mediante un verricello il quale, nei confronti del tamburo, ha il vantaggio di evitarne l'accavallamento. Il cambio è azionato idraulicamente e permette una regolazione della velocità morbida e graduale da 0...25 m/min, sotto tiro, e fino a 120 m/min a vuoto. Il dinamometro a registrazione, con contatto di limitazione della forza massima di trazione, è munito di un dispositivo per la registrazione dei diagrammi su nastro di carta di 16 m di lunghezza. La scala delle forze da registrare è di 2,5 cm/1000 kp mentre quella delle lunghezze è di 5 cm/100 m. Questo argano resta a disposizione di tutte le Direzioni di circondario dei telefoni per speciali lavori ove sia indispensabile la trazione elettrica.

Speciali montanti telescopici muniti di segmenti a rulli snodabili (fig. 8), eretti nelle piazzuole di emergenza lato

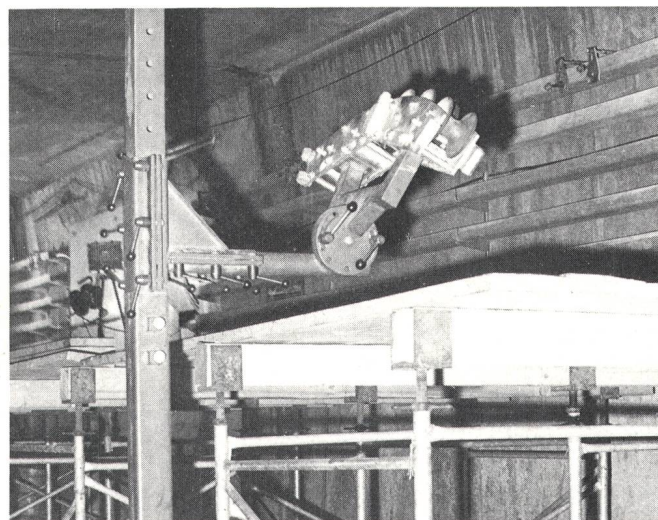


Fig. 8
 Einspannstütze mit allseitig verstellbarem Rollensegment zum Zentrieren des Zugseiles auf die Längsachse des Rohrzuges auf der Seite der Kabelzugwinde — Montanti telescopici muniti di segmenti a rulli snodabili per centrare la corda traente sull'asse longitudinale del tubo, lato argano

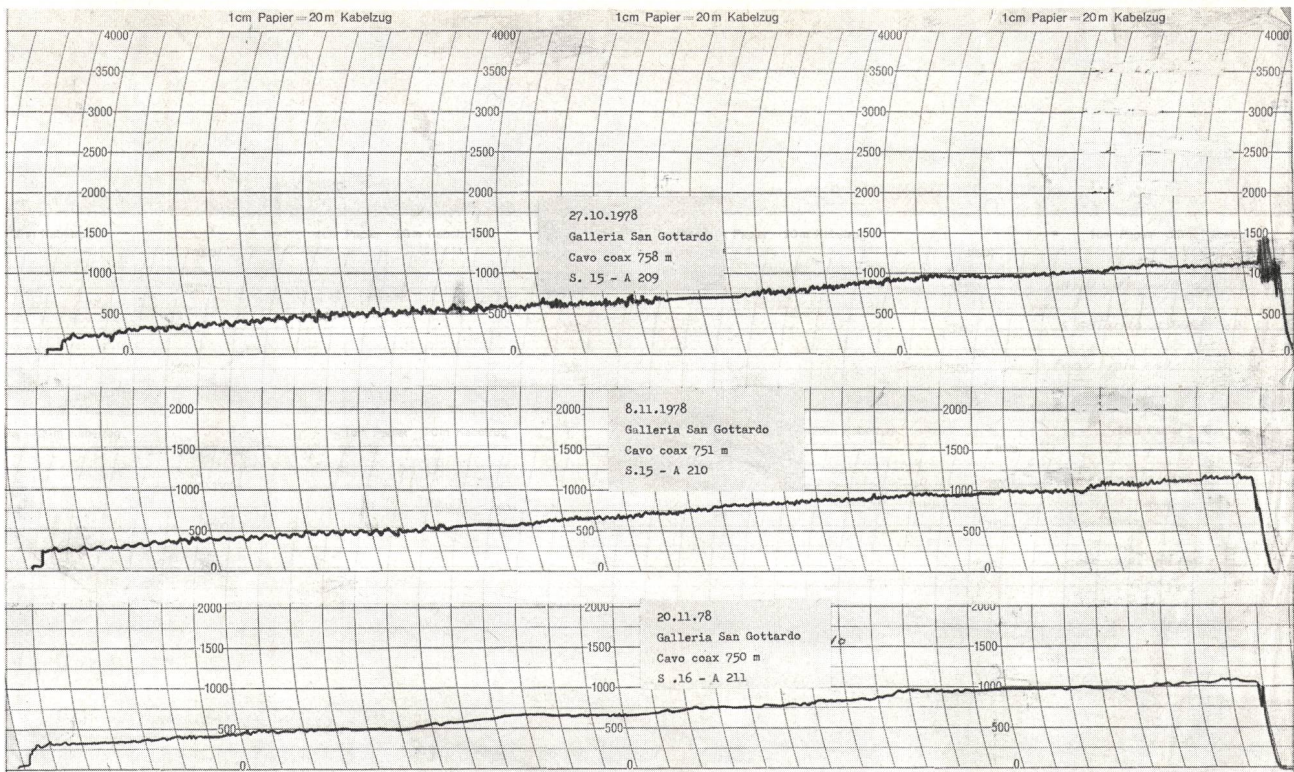


Fig. 9
 Drei charakteristische Kabelzugdiagramme aus dem Gotthard-Strassentunnel. Dank dem geradlinigen Kabelverlauf und dem regelmässigen Ablauf des Haspels (Bremsung auf beiden Haspelflanschen) ist der Kurvenverlauf ausgesprochen ruhig – Tre caratteristici diagrammi di tiro nella galleria del San Gottardo. Grazie al tracciato rettilineo e al regolare svolgimento dell'aspo, frenato sulle due flange, l'andamento delle curve è perfettamente regolare
 Galleria San Gottardo – Gotthardtunnel

Cavo coax(iale) – Koaxialkabel

(~ 1600 kp) nie überschritten hat. Drei typische Einzugsdiagramme sind in *Figur 9* wiedergegeben. Der FF-Armierung ist zuzuschreiben, dass die Kabel nach dem Einzug überhaupt keine Drehung um die Längsachse aufwiesen.

Mit besonderer Sorgfalt war das auf mechanische Beanspruchungen und auf Torsion sehr empfindliche Koaxialkabel beim Einlaufen in den Rohrzug und nach dem Kabelzug beim Einführen der Kabelenden in die Spleissnischen zu behandeln. Für diese heiklen Arbeitsvorgänge wurde zusätzlich ein Lastwagen mit aufgebautem Arbeitspodest benützt. Den prinzipiellen Einsatz dieser fahrbaren Einrichtungen zeigt *Figur 10*.

- Während des Kabelzuges stand das mobile Podest unmittelbar beim Kabelhaspel und diente zum Führen des Kabels vom Haspel auf das Nischenpodest mit einem Kunststoffrohr (der Kabeleinlauf in den Rohrzug ist aus der *Figur 11* ersichtlich).
- Nach dem Kabelzug wurde das Podest auf die Höhe der Nischenkabeleinführung gefahren und diente zur Auslegung der zum Einführen des Kabelendes in die Nische benötigten Kabelschleufe. Diese Arbeit war besonders heikel und bedurfte des Einsatzes der ganzen Mannschaft (*Fig. 12*).
- Nach dem Einführen des Kabelendes in die Nische galt es, die Kabelschleufe äusserst sorgfältig an die Wand der Ausstellnische in den Kanal zu verlegen. Für das Abbiegen des Kabels war der minimale Abbiegeradius von 80 cm einzuhalten. Damit der Kabelquerschnitt dabei nicht flachgedrückt wurde, was erfahrungsgemäss zu einer Beeinträchtigung der Übertragungsqualität geführt hätte, wurden dem Kabeldurchmesser genau angepasste Rohrhälbschalen

argano, hanno permesso di regolare in modo esatto la direzione della corda traente sull'asse longitudinale del tubo.

I cavi sono stati tirati ad una velocità media di 15...20 m/min e la forza di trazione non ha mai superato il valore di 16 000 N (~ 1600 kp). La *figura 9* mostra tre tipici diagrammi di trazione.

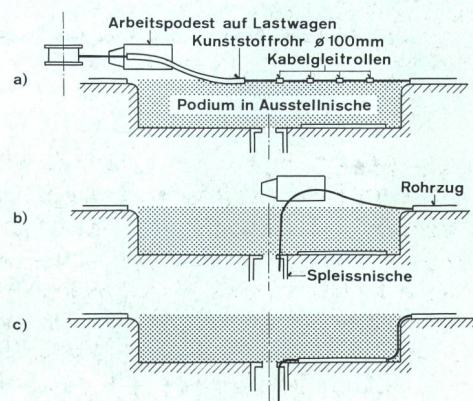


Fig. 10
 Einsatzprinzip des Lastwagens mit Arbeitspodest zum Einführen des Kabelendes in die Spleissnische – Impiego dell'autocarro munito di piattaforma per eseguire i lavori d'introduzione della terminazione del cavo nella nicchia di giunzione
 Arbeitspodest auf Lastwagen – Piattaforma di lavoro su autocarro
 Kunststoffrohr Ø 100 mm – Tubo sintetico Ø 100 mm
 Kabelgleitrollen – Pulegge per cavi
 Podium in Ausstellnische – Piattaforma nella piazzola di emergenza
 Rohrzug – Tubo di cemento-amianto
 Spleissnische – Nicchia di giunzione

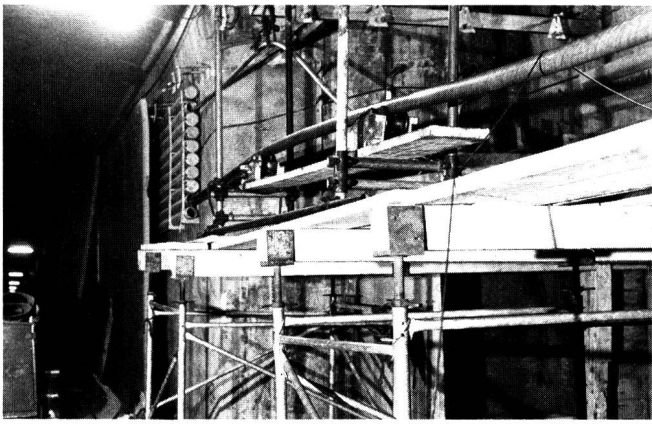


Fig. 11
Genau auf die Längsachse des Rohrzuges ausgerichtet, läuft das Kabel, nachdem es ergiebig mit Kabelgleitfett bestrichen wurde, in den Rohrzug ein — Il cavo, cosparso di vaselina e perfettamente guidato lungo l'asse di tiro, scorre nel tubo

und entsprechend ausgelegte Rätchen verwendet (Fig. 13).

Unmittelbar nach Beendigung der Kabeleinführungsarbeiten in der einen der beiden mit Arbeitspodesten versehenen Ausstellnischen und noch während in der andern Nische die Kabeleinführungsarbeiten vor sich gingen, begannen einige Männer mit dem Verlegen des nicht mehr benützten Arbeitspodestes zur nächsten Einzugsstrecke. Wie rationell diese Arbeit organisiert war, geht aus *Figur 14* hervor.

5 Schlussfolgerungen

Mit dem gut vorbereiteten, vorzüglich geleiteten Arbeitsablauf und nicht zuletzt auch dank dem fröhlichen Charakter der Tessiner Handwerker, die den Belastungen der langen, aufreibenden «Unter-Tag-Arbeiten» gut standgehalten haben, gelang es der Kreistelefondirektion Bellinzona, wöchentlich durchschnittlich vier Kabellängen zu verlegen. Und obwohl es an unvorhergesehenen Arbeitsbehinderungen auch im Gotthard-Strassentunnel nicht fehlte, konnten die vorgegebenen Termine eingehalten und alle Kabel ohne auch nur die geringste

Considerata l'estrema sensibilità del cavo coassiale alle sollecitazioni meccaniche e agli sforzi di torsione, è stato necessario prestare particolare attenzione alle operazioni di introduzione dello stesso nei tubi e nelle nicchie di giunzione. Per svolgere queste delicate operazioni si è fatto ricorso all'autocarro munito di piattaforma di lavoro, come illustrato dalla *figura 10*:

- Durante le operazioni di tiro dei cavi la piattaforma mobile è stata posta a ridosso dell'aspo e ha servito, con l'ausilio di un tubo sintetico, a guidare il cavo fin sulla piattaforma fissa (*fig. 11*).
- Terminato il tiro, la piattaforma mobile è stata spostata all'estremità opposta e ha servito, affiancata alla piattaforma fissa, per una corretta introduzione della testa del cavo nella nicchia, lavoro estremamente delicato che ha richiesto l'impiego di tutta la squadra.
- Ultimata l'introduzione, si è proceduto con cautela a sistemare il cavo nel canale fissato alla parete della piazzuola. Per la piegatura dei cavi si è dovuto rispettare il raggio minimo di curvatura di 80 cm. Durante queste operazioni, per evitare danneggiamenti con evidenti conseguenze negative sulle qualità di trasmissione, si è dovuto ricorrere all'impiego di speciali attrezzature e forme perfettamente adattate al diametro del cavo (*fig. 12 e 13*).

Immediatamente dopo l'ultimazione dei lavori di introduzione del cavo in una delle due piazzuole munite di piattaforma e contemporaneamente ai lavori di sistemazione nell'altra nicchia, si è provveduto allo spostamento della piattaforma divenuta libera al prossimo posto di impiego. La razionale organizzazione di tutte queste operazioni è illustrata alla *figura 14*.

5 Conclusioni

Grazie alla buona preparazione, all'ottima direzione dei lavori e, non da ultimo, al gioviale carattere degli artigiani ticinesi che hanno ben sopportato i disagi di estenuanti lavori svoltisi costantemente in condizioni di ventilazione e di illuminazione tutt'altro che ideali, la Direzione di circondario dei telefoni di Bellinzona è riuscita a posare in media settimanalmente ben quattro lun-



Fig. 12
Verlegung des Kabels in den Wandkanal — Posa del cavo nel canale murale



Fig. 13
Zum Abbiegen des Kabels in kurze Bogen mussten, damit das Kabel nicht beschädigt wurde, dem Kabeldurchmesser genau angepasste Rohrhalschalen und entsprechende Rätchenwerkzeuge verwendet werden — Per la curvatura del cavo in piccoli raggi, senza danneggiarlo, si dovette far uso di speciali attrezzature e forme perfettamente adattate al diametro del cavo stesso

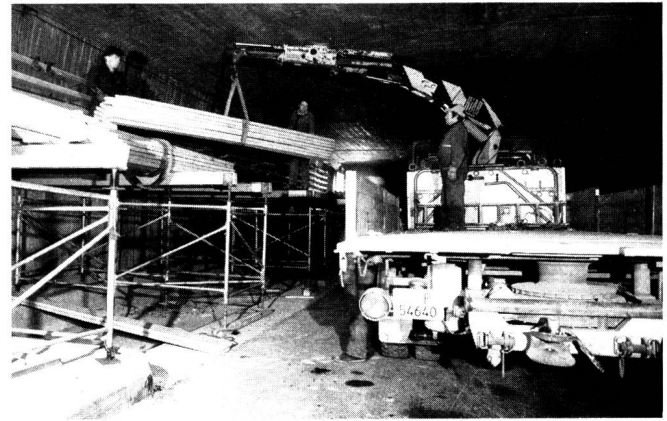


Fig. 14
Unmittelbar nach Beendigung des Kabelzuges und der Kabeleinführung in die Spleissnische wird hier das nicht mehr benötigte Arbeitspodest in der einen der Ausstellnischen abgebrochen und in die nächste Nische verlegt — Immediatamente dopo l'ultimazione dei lavori di tiro e di introduzione del cavo nella nicchia di giunzione, la piattaforma, divenuta libera, veniva smontata e rimontata al prossimo posto di lavoro

Beschädigung verlegt werden. Es waren auch keine nennenswerten Unfälle zu beklagen.

Wesentlich zum guten Gelingen der umfangreichen und aussergewöhnlichen Arbeiten trug auch die gute Zusammenarbeit zwischen der Kreistelefondirektion Bellinzona als ausführende Stelle und den verschiedenen Instanzen der Generaldirektion, die sich mit der Projektierung, der Koordinierung und den vorgängigen Kabeleinzugsversuchen befasst hatten, bei.

Von allen Installationen sieht der den Strassentunnel benützende Automobilist praktisch nichts. Die Einzugsrohre entlang des ganzen Tunnels, die Kabelinstallationen in den Ausstellnischen und alle übrigen für den Betrieb des Tunnels unumgänglichen und äusserst wichtigen technischen Einrichtungen, wie elektrische Verteilstationen, Ventilationszentralen, Fernseh-Signalisations- und Beleuchtungskabel, werden durch schwere Betonplatten der Tunnelverschalung verdeckt. Sie werden mit einem riesigen Kran, der die Last mit pneumatischen Saugnäpfen erfasste (*Fig. 15*), millimetergenau in die vorgesehenen Halterungen plaziert.

ghezze di cavo. Malgrado i soliti imprevisti è stato possibile rispettare i termini prestabiliti e tutti i cavi sono stati posati senza il minimo danneggiamento e senza dover lamentare particolari incidenti sul lavoro.

Essenziale alla buona riuscita delle complicate e non comuni operazioni è stata la collaborazione tra la Direzione di circondario dei telefoni di Bellinzona, quale organo esecutore, e le diverse istanze della Direzione generale che si sono occupate della progettazione, del coordinamento e delle prove preliminari di tiro dei cavi.

Tutto questo complesso di installazioni non è visibile all'automobilista che percorre la galleria autostradale del San Gottardo in quanto, sia i tubi che gli impianti nelle piazzole e tutte le altre imponenti apparecchiature tecniche indispensabili all'esercizio della galleria, come le stazioni di distribuzione elettriche, le centrali di ventilazione, i cavi per l'illuminazione, la segnaletica e i circuiti televisivi, sono coperti da pesanti pareti di rivestimento di calcestruzzo, posate con precisione millimetrica nelle apposite sedi per mezzo di una gigantesca gru munita di ventose pneumatiche (*fig. 15*).

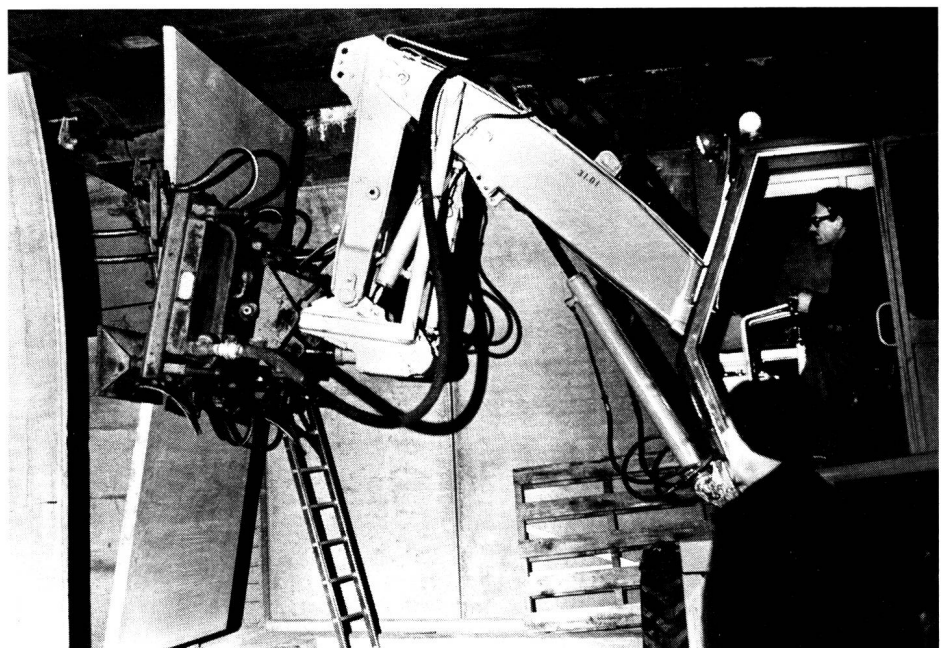


Fig. 15
Mit einem riesigen Kran, der mit pneumatischen Saugnäpfen seine Last erfasst, werden die tonnenschweren Betonplatten der Tunnelverschalung in die vorbereiteten Halterungen gehoben — Le pesanti lastre di calcestruzzo del rivestimento della galleria vengono posate nelle apposite sedi per mezzo di una gigantesca gru munita di ventose pneumatiche