

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 78 (1960)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Die Kabel konzentrierter Vorspannkraft für die Brücke "El Pilon"  
**Autor:** Kelterborn, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64823>

### **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**

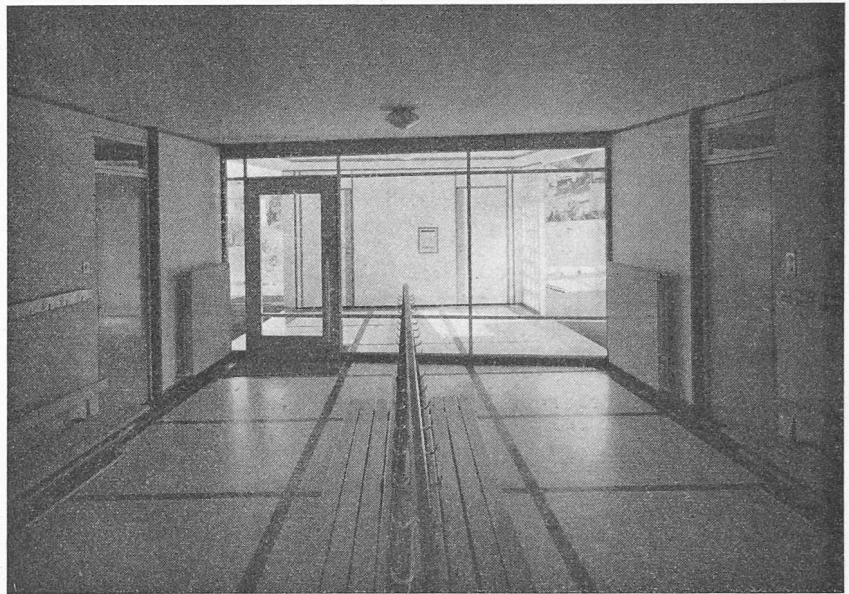
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media 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>**

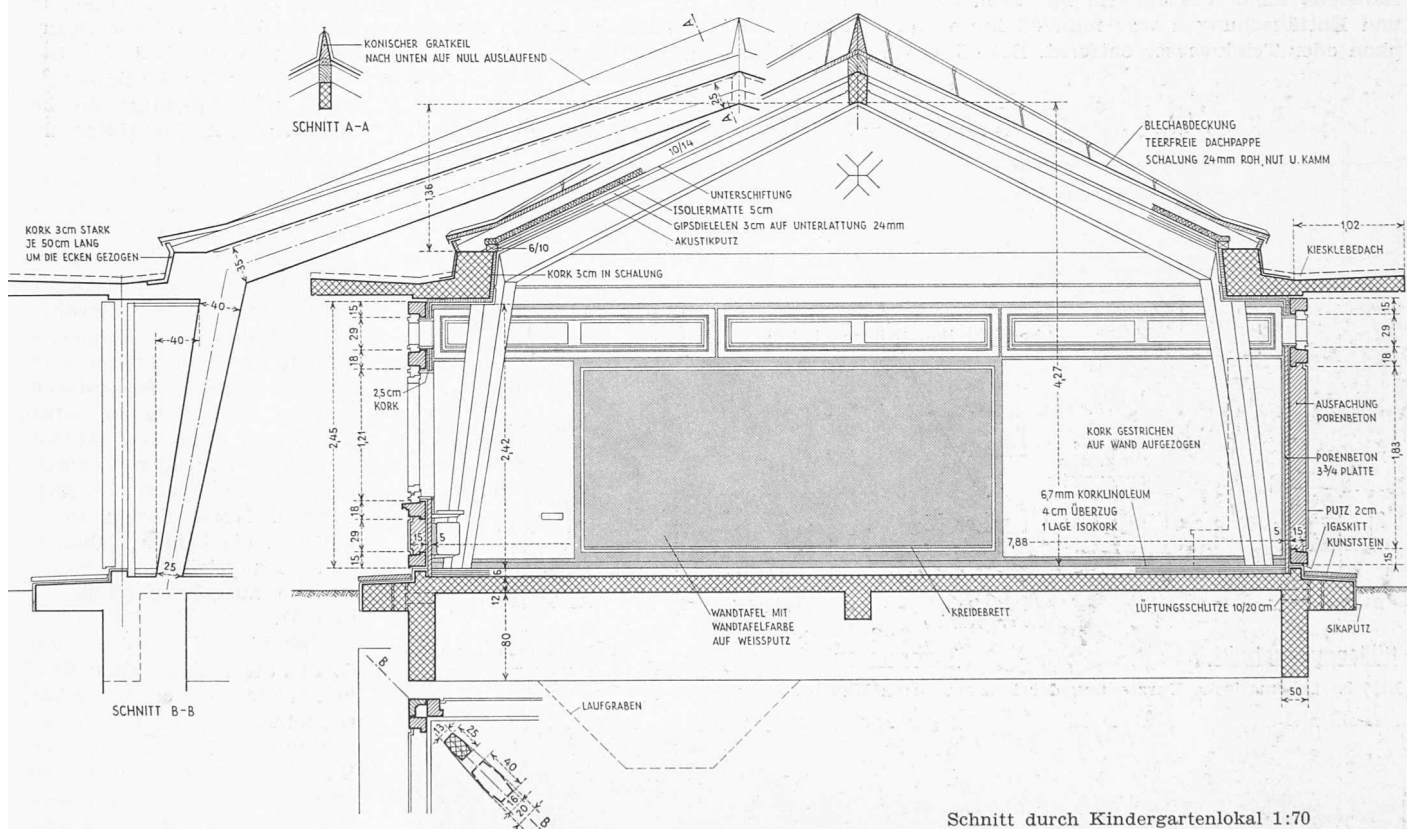
Der Bruder des Architekten, Kunstmaler Willi Hartung, hat nicht nur die äusseren Mauerflächen mit farbigen Scraffitos bemalt, sondern wirkte auch von Anfang an intensiv an der Gesamtgestaltung mit. Beiden Künstlern ist es gelungen, aus dem Bau, den Wandbildern, der innern Farbgebung und der gärtnerischen Gestaltung der Umgebung eine harmonische, eigenständige Einheit zu schaffen. Die fröhlichen Wandbilder erfreuen das kindliche Gemüt und regen sogar Erwachsene stark an. Der Versuch, mit dem Bauwerk einen Rahmen für die Werke eines Malers zu schaffen, darf als gelungen bezeichnet werden. In unserer sonst so nüchternen Zeit ist es erfreulich, dass die Stadt Zürich diesen Versuch wagte. Man darf hoffen, die eingespielte Arbeitsgemeinschaft könne sich weiter bewähren.

Anlagekosten 284 515 Fr., Gebäudekosten 180 274 Fr., Kubikmeterpreis 120.90 Fr., Ingenieurarbeiten *W. Mohn*, Zürich. Wandbilder *W. Hartung*, Zürich.



Adresse des Architekten: *Armin Hartung*, Bergstr. 116, Zürich 32

Garderobe



Schnitt durch Kindergartenlokal 1:70

## Die Kabel konzentrierter Vorspannkraft für die Brücke «El Pilon»

Von **P. Kelterborn**, dipl. ing. ETH, Zürich

DK 624.21:624.012.47

Bei der Durchführung von umfangreichen Strassenverbesserungen im Hinterland von Tampico, Mexiko, gelangte die Brücke «El Pilon» zur Ausführung. Sie liegt an der Strasse von Matamoros nach Ciudad Victoria und führt über einen kleinen Fluss. Die Gegend dort ist flach und heiss, sandig-lehmig und sehr spärlich bewachsen. Der Fluss ist meistens leer, aber die wenigen wilden Hochwasser von etwa 12 m Anstieg haben sich steil und tief in das Gelände eingegraben. In einem schmalen Streifen begleitet üppige Tropenvegetation das Flussbett und die Dämmerung widerhallt vom Gekreisch bunter Vögel und vom Surren lästiger Insekten.

Der generelle Entwurf, Bild 1, stammt vom mexikanischen Baudepartement (SCOP). Weil es möglich wäre, dass der Wildbach einmal sein Bett verlegt, ist das Konzept eines einfachen Rahmens mit Kragarmen berechtigt, denn die flutsichere Ausbildung von Endwiderlagern ist in diesem Gelände besonders umständlich. Die jetzige Brücke ist gegen Hochwasser unempfindlicher, und durch Aneinanderreihen der nämlichen Einheit könnte sie sogar jederzeit verlängert werden, falls dies die Bewegungen des Flusslaufes erfordern. Die Wahl des Vorspannsystems war den Unternehmern freigestellt, und die Grösse der einzuleitenden Vorspannkraft richtete sich nach den erreichbaren Exzentrizitäten und Rei-

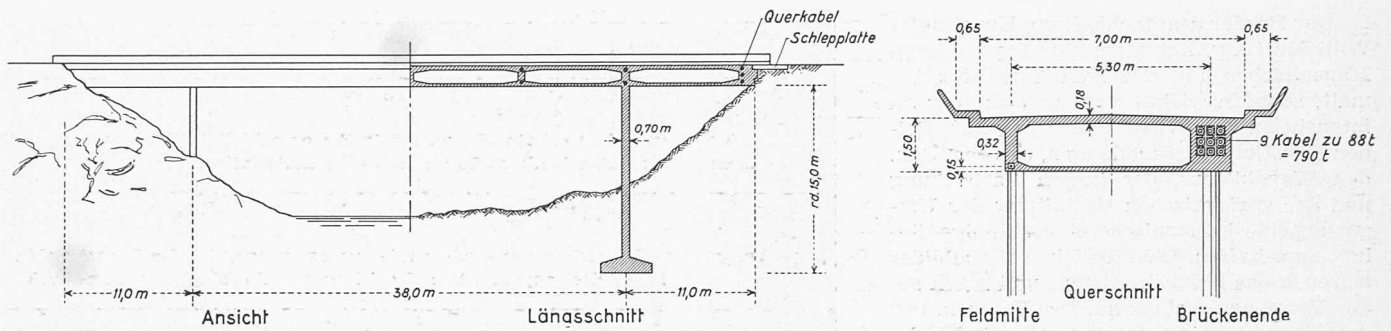


Bild 1. Die Brücke «El Pilon», Ansicht und Längsschnitt 1:666, Querschnitt 1:200

bungsverhältnissen des zum Einbau gelangenden Kabelpaketes.

Die Firma Concretos S.A. aus Monterrey erhielt den Auftrag und begann gegen Ende des Jahres 1956 mit der Ausführung. Besonders in der Vorspannung weicht dieses Bauwerk vom Gewohnten ab, und die eingehende Beschreibung dieser Arbeiten soll deshalb Hauptgegenstand dieses Berichtes sein. Obwohl faszinierend interessant, würde es dann zu weit führen, auf das Leben und Treiben der Baustelle näher einzugehen. Mit seinen täglichen Erfolgen und Enttäuschungen war man 60 km vom nächsten Telefon oder Trinkwasser entfernt. Bei 45° C wurde im Zehn-

stundentag gearbeitet und das Primitivste und das Modernste standen oft nebeneinander im Einsatz.

#### A. Das Vorspannkabel

Bei der Ausführung von grossen Brücken oder schweren Industriebauten stand man schon oft vor der Notwendigkeit, die Haupttragelemente mit Kabeln relativ geringer Einzelstärke aufzufüllen. Dass dabei die Verlege-, Spann-, Injizier- und Betonierarbeiten immer schwieriger werden, versteht sich von selbst, wie auch die Tatsache, dass die Exzentrizitäten der resultierenden Kraft abnehmen. Der erste Gedanke, in solchen Fällen ein System von der Art Leonhardt oder Kany anzuwenden, lässt sich nicht immer verwirklichen. Die Bereit-

stellung der Spezialkenntnisse und Spezialgeräte ist nämlich auch für Unternehmungen, welche schon Inhaber einer anderen Vorspannmethode sind, oft zu teuer oder zu zeitraubend, ganz abgesehen vom patentrechtlichen Aspekt. Die Verlockung liegt daher nahe, gewöhnliche Kabel in polygonale Hüllen zu konzentrieren und durch spezielle Separatoren an den Umlenkstellen dafür zu sorgen, dass sie trotzdem mit den normalen Geräten einzeln vorgespannt werden können. Nach diesem Prinzip sind die beiden Kabel in den Hauptträgern dieser Brücke aufgebaut (Bilder 2 und 3).

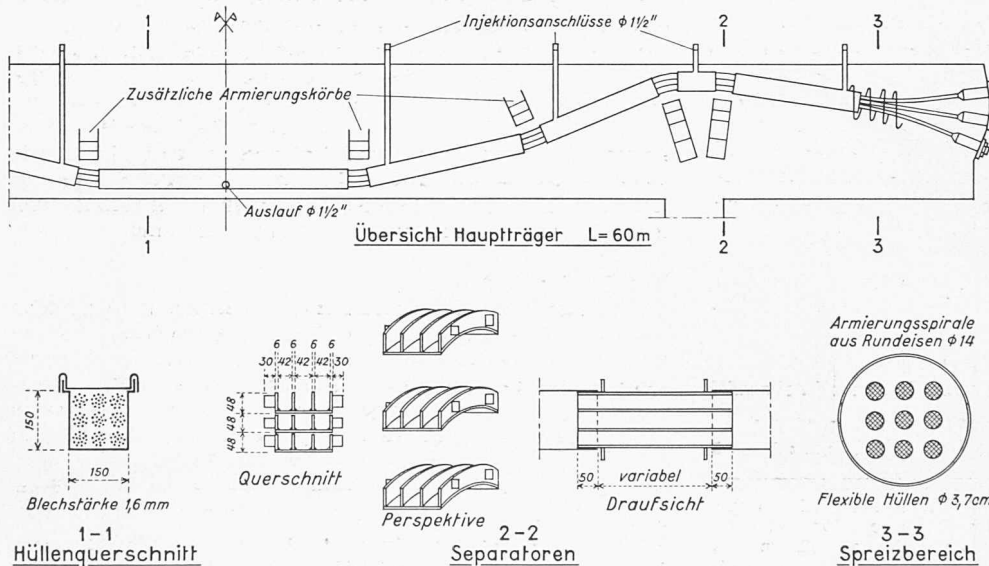


Bild 2. Schematische Darstellung der konzentrierten Kabelführung



Bild 3. Leergestüt aus Bailey-Elementen. Brückenschalung aus einzelnen Tafeln zusammengesetzt. Beim vorderen Trägerende zwei Querkabel zu erkennen, Links unten Anfang der alten Brücke, deren Mittelfeld weggeschwemmt war

Die Herstellung der etwa 60 m langen BBR-BB90 Einheiten geschah im gut eingerichteten Werkhof der Unternehmung, 300 km von der Baustelle entfernt. Da nur an den Kabelenden ein Rohrstück erforderlich war, wurde die Fabrikation und besonders der Transport recht bequem (Bild 4).

Die Separatoren (Bilder 2 und 5) sind aus 6-mm-Stahlblech angefertigt und mit dünnen geschmierten Gleitblechen versehen. Die Reibungskräfte werden durch seitliche Schublaschen direkt auf den Beton übertragen, womit verhindert wird, dass die einzelnen Separatoren sich beim Spannen relativ zueinander verschieben.

Der Spreizbereich (Bilder 6 und 7) wurde nicht mit einem speziellen Separator ausgerüstet, so dass für diese

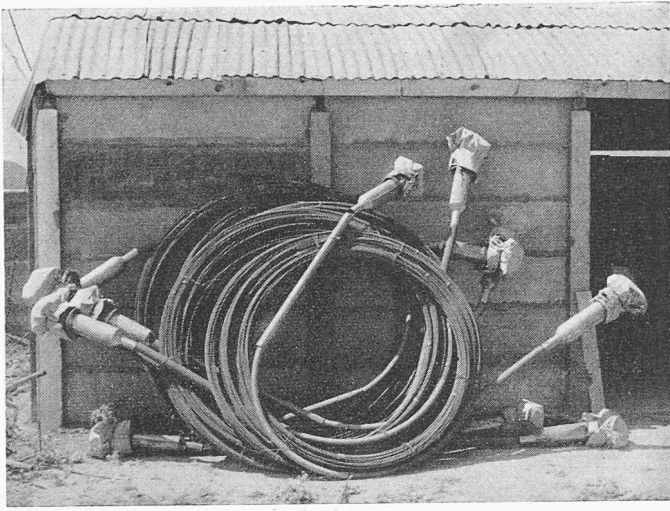


Bild 4. Die 60 m langen Kabel zum Transport bereit. Bei einem Gewicht von 380 kg pro Ring war der Handverlad gerade noch möglich. Schutz der stark eingefetteten Ankerteile durch doppelte Verpackung in Zementsäcke

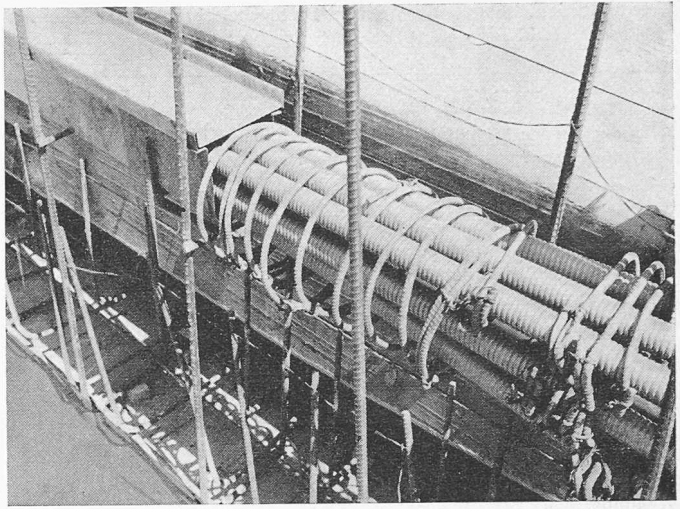


Bild 7. Uebergang Kanal — flexible Rohre. Die Fuge wird mit Kitt abgedichtet

kurze Strecke die Kabel in normalen flexiblen Hüllen geführt sind und die Spreizkräfte durch den besonders dafür armierten Beton aufgenommen werden.

### B. Die Spannarbeiten

Die Erfahrungen beim Vorspannen zeigten unmissverständlich, dass tatsächlich kein einziges Kabel vom andern in seinen Bewegungen gehindert wurde. Beim wiederholten Spannen und Entspannen einzelner Kabel ergaben sich immer wieder die gleichen Spanndehnungen, unabhängig davon, ob die nächstliegenden Nachbarkabel gespannt waren oder nicht. Im Vergleich zu Bauwerken mit gewöhnlichen Kabeln, aber dem selben Drahtmaterial, waren die gemessenen Spanndehnungen aller 18 Kabel sogar auffallend regelmässig.

Die Auswertung von Reibungsmessungen mit dem Schmidt-Dynamometer und deren Vergleich mit früher

durchgeführten Versuchen ergab folgendes: Der Reibungskoeffizient in einem gegebenen Kabel ist sehr stark davon abhängig, wie voll der Hüllenquerschnitt mit Vorspanndrähten gefüllt wird. In Bild 8 sind einige Werte, bezogen auf die ausführlichen Reibungsmessungen der Laredo-Brücke, dargestellt. In seinem bekanntesten Buch hat F. Leonhardt schon früher auf diesen «Keilriemeneffekt» aufmerksam gemacht. Aber leider wurde dieser Punkt hier zu spät beachtet und mit entsprechend hohen Reibungsverlusten bezahlt. Obwohl Bild 8 nur indikativen Wert besitzt — die Anzahl der bisher gemachten Versuche gewährleistet nicht mehr — ist daraus doch schon der wichtige Hinweis zu erkennen, dass bei geeigneter Formgebung der Separatoren sehr niedrige Reibungsverluste zu erwarten sind.

### C. Das Injizieren

In Bild 9 ist der durchgeführte Injektionsvorgang schematisch dargestellt. Die lokalen Umstände machten eine Verwendung von Zementzusatzmitteln unmöglich, so dass mit einem reinen Zement-Wasser-Gemisch gefüllt werden musste ( $W/Z = 0,5$ ). Zur Verdrängung der von vornherein erwarteten grossen Wasserabscheidung wurde mit einem dicken Zement-Sand Gemisch nachinjiziert. Es bestätigte sich dabei wieder eine alte Beobachtung, dass sich der weitaus grösste Teil (90 %) des schon injizierten Materials nicht mehr bewegt, sondern nur noch eine dünne, wässrige Oberschicht. Die verbreitete Ansicht, man könne sich den Injektionsvorgang so vorstellen, dass sich eine Stange Injektionsgut durch den vollen Querschnitt schiebe und dabei eventuell eine Stange Wasser vor sich herstosse, trifft bei solch grossen Hüllenquerschnitten sicher nicht mehr zu. Je dickflüssiger die Injektionsmischung ist, je mehr variiert die Geschwindigkeitsverteilung über dem Querschnitt, und in

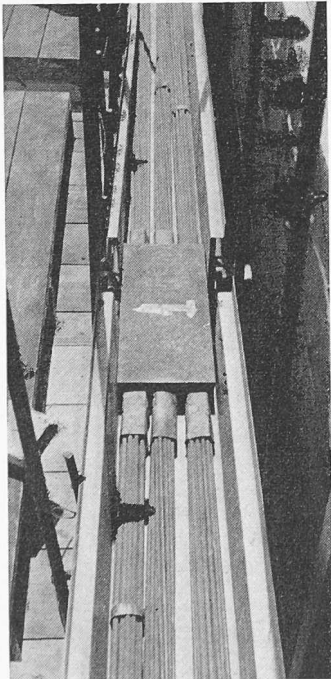


Bild 5. Umlenkstelle des Kabelkanals, der unterste Separator verlegt. Gleitbleche erkennbar. Zur Verhinderung von Verflechtungen während dem Verlegen sind die einzelnen Kabel durch Blechringe alle 4 m zusammengefasst

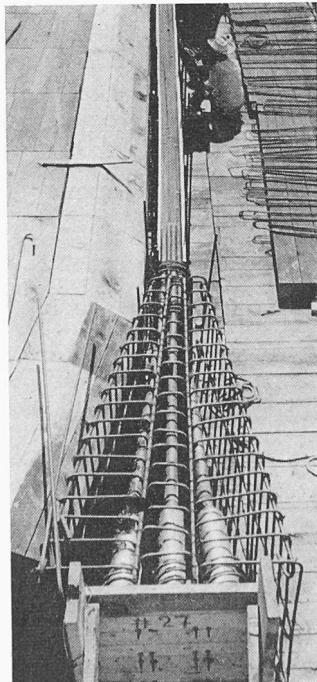
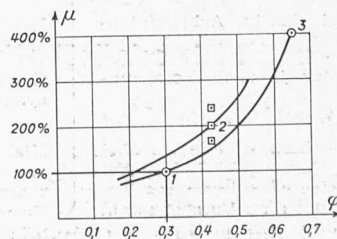


Bild 6. Draufsicht auf Spreizbereich. Wegen der sehr konzentrierten Kräfteinleitung starke Verbügelung des Trägers. Im Hintergrund Schalttafeln und schlaffe Armierung



1. Laredo:  $22 \phi 1/4''$  in Hülle  $\phi 5,5 \text{ cm}$
  2. Pilon:  $22 \phi 1/4''$  Separator  $4,2 \times 4,2 \text{ cm}$
  3. Pilon:  $22 \phi 1/4''$  in Hülle  $\phi 3,7 \text{ cm}$
- $\varphi$  = Völligkeitsgrad  
 $\mu$  = Reibungsbeiwert

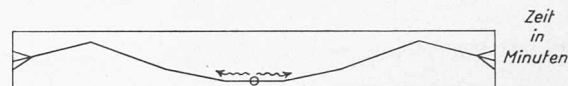
Definition des Völligkeitsgrades:

Für runde Hüllen: 
$$\varphi = \frac{\text{Querschnitt Vorspanndrähte}}{\text{Hüllenquerschnitt}} = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

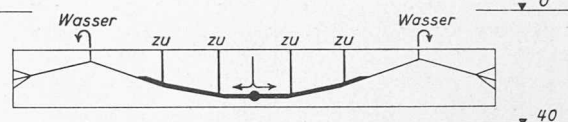
Für rechteckige Hüllen: 
$$\varphi = \frac{\text{Querschnitt Vorspanndrähte}}{(\text{Breite des Querschnittes})^2} = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Bild 8. Reibungsbeiwerte in Abhängigkeit des Völligkeitsgrades

1. Gründliches Spülen mit Wasser. Dichtigkeitsprobe. Der Kanal bleibt mit Wasser gefüllt.



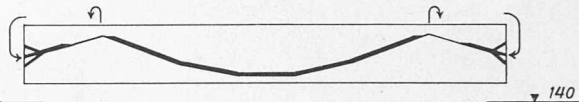
2. Injektion des Mittelfeldes vom Zentrum aus. Kontrolle und Regelung des symmetrischen Arbeitsfortschrittes durch Abdrosseln der Austrittshähnen.



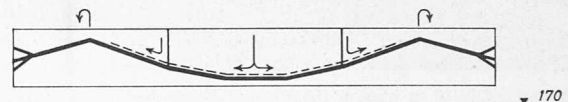
3. Umsetzen der Injektionspumpe zur einen, dann zur anderen Seite. Wegen der Wasserfüllung ist die gegenseitige Beeinflussung relativ gering.



4. Injektion der Randfelder. Ein Teil des abgeschiedenen Wassers des Mittelfeldes wird durch diesen Vorgang bereits ausgestossen.



5. Nachinjektion des Mittelfeldes mit Sandzusatz. Umsetzen der Injektionspumpe.



6. Nachinjektion der Randfelder.

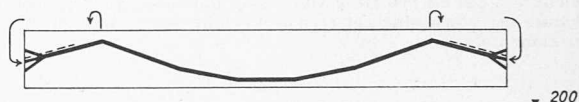


Bild 9. Die hier dargestellte Injektionsmethode ermöglichte es, trotz dem grossen Volumen (16,5 l/m') mit nur einem gewöhnlichen Injektionsgerät auszukommen

Zonen geringer Strömungsgeschwindigkeit setzen sich bald gewisse Teile des Injektionsgutes ab — ein Vorgang, der nicht mit dem eigentlichen Abbinden verwechselt werden sollte.

#### D. Zusammenfassung

Zum Schluss folgt nun in Tabelle 1 ein kurzer Vergleich der drei Kabelarten: Gewöhnliche Kabel aus Drähten oder Stangen in Einzelhüllen; Drähte oder Litzenbündel im Kabelkanal; Konzentrierte Einzelkabel aus Drähten oder Stangen im Kabelkanal.

Diese konzentrierte Kabelführung hat der Verfasser erstmals 1954 einem engeren Kreis in der Schweiz vorge-

schlagen, jedoch ohne dass daraus eine Realisierung folgte. Aber ein Blick auf die Entwicklung aller Kabelsysteme seit dieser Zeit zeigt überall die Tendenz nach immer grösseren Kräften. Das hier beschriebene Kabel, welches in Entwurf und Ausführung unter der Leitung des Verfassers stand, ist als einer der möglichen Schritte in dieser Richtung aufzufassen. Der Unternehmung Concretos S. A. fällt das Verdienst zu, dass sie, ohne Vorversuche oder andere Rückversicherungen, das Risiko einer Erstaussführung auf sich nahm und unter schwierigen Baustellenverhältnissen zum Erfolg führte.

Adresse des Verfassers: P. Kelterborn, dipl. Ing., Keltenstr. 6, Zollikerberg ZH.

Tabelle 1. Vergleich verschiedener Kabelarten, vom Standpunkt der ausführenden Vorspannfirma aus betrachtet

Gesichtspunkt	Gewöhnliche Einzelkabel	Bündel im Kabelkanal	Konzentrierte Einzelkabel
Kabelherstellung und Transport	Herstellung im Werkhof oder auf Baustelle. Der Transport fertiger Kabel ist heikel und bedingt oft Spezialfahrzeuge.	Herstellung des Kabelkanals samt Zubehör in der Werkstatt. Der Draht direkt auf Baustelle geliefert. Transporte normal und einfach.	Herstellung des Kabelkanals samt Zubehör in der Werkstatt. Fabrikation der Kabel immer in Werkstatt. Transporte normal und einfach.
Kabelführung und Verlegen	Grösste Variabilität in der Kabelführung. Kupplung zur Herstellung der Kontinuität oder im Freivorbau. Verlegen von Hand mit viel Detailarbeit.	Kabelführung polygonal. Stösse durch Uebergreifen der Verankerungsschlaufen. Verlegen geht nicht ohne mechanische Hilfsmittel.	Kabelführung polygonal. Kupplung oder Freivorbau nur in gewissen Fällen noch möglich. Verlegen von Hand und sehr einfach.
Spannen	Einzelne Kabel mit einzelnen Spannpressen.	Das ganze Kabel mit einer Batterie gekoppelter Pressen.	Einzelne Kabel mit den gewöhnlichen Spannpressen.
Injizieren	Jedes Kabel einzeln. Arbeitsintensiv.	Der ganze Querschnitt auf ein Mal. Rationelles Verfahren.	Der ganze Querschnitt auf ein Mal. Rationelles Verfahren.
Geräte	Geräteinventar je nach Vorspannsystem.	Geräteinventar je nach Vorspannsystem.	Das Geräteinventar des gewöhnlichen Kabelsystems genügt auch hier.
Entwurf	Zur Unterbringung aller Kabel muss der Querschnitt manchmal unnötigerweise vergrössert werden. Mehraufwand an Vorspannstahl durch geringe Exzentrizität der Resultierenden.	Kleinster Querschnittsbedarf und grösste Exzentrizität ermöglicht sparsamste Gestaltung der Tragelemente. Zwischenspannstelle ist möglich.	Kleiner Querschnittsbedarf und grosse Exzentrizität ermöglicht sparsame Gestaltung der Tragelemente. Zwischenspannstelle ist möglich.
Verankerung und Krafteinleitung	Einzelverankerungen an jeder Stelle des Tragwerkes ist möglich, wie auch differenzierte und verteilte Krafteinleitung.	Besonderer Aufwand an Beton und Spannstahl wegen dem Verankerungsblock.	Verankerung und Krafteinleitung ziemlich konzentriert, damit im Spreizbereich keine zu grossen Reibungsverluste entstehen.
Anwendungsgebiete	Kleine und verteilte Einzel-Kräfte beliebig Form und Länge.	Lange, schwere Tragwerke, wo der Platzbedarf des Spannblocks nicht stört.	Schwere Tragwerke im Hoch- und Brückenbau.