

# Spannbetonkabel für Grossbauten

Autor(en): **Brandestini, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79 (1961)**

Heft 6

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-65462>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Spannbetonkabel für Grossbauten

Von A. Brandestini, dipl. Ing., Zürich

DK 624.012.47.002.5

Eine der wichtigen praktischen Fragen, die sich bei der grossen Verbreitung und Weiterentwicklung des Spannbetonverfahrens im Brücken- und Industriebau gestellt hat, ist diejenige nach der zweckmässigen Grösse des zu verwendenden Spanngliedes (Spannbetonkabel).

### 1. Wahl der Grösse des Spanngliedes

Es stellen sich zunächst die folgenden zwei Fragen:

- Welches sind die zweckmässigen Kabelquerschnitte?
- Welches sind die anzustrebenden Kabellängen?

Die Fragen nach den geeigneten Drahtdurchmessern, Endankern und Kupplungen, sowie nach den erforderlichen Vorspann- und Einpressgeräten sollen in den nächsten Abschnitten behandelt werden. Sie sind den beiden Hauptfragen a) und b) untergeordnet.

#### 1.1 Querschnitt

Die folgenden Erfordernisse sprechen für Kabel mit möglichst grossem Gesamtquerschnitt der Drähte und enger Anordnung derselben: Hohe Vorspannkraft, besonders bei Grossbauten — schlanke Konstruktionen — sauberes, rasches Verlegen und zuverlässiges, etappenweises Vorspannen und Verpressen von nur wenigen «konzentrierten» Spanngliedern, statt von einer grossen Anzahl kleiner Einzelteile.

Eine gewisse Begrenzung nach oben ergeben die folgenden, vorwiegend praktischen Gesichtspunkte: Bei Vorfabrikation der Spannglieder im Werk oder auf der Baustelle dürfen diese für den Transport und das Verlegen nicht zu schwer sein — besonders bei durchlaufenden Konstruktionen ist es oft zweckmässig, den Kabelquerschnitt eines Tragwerkes abzustufen — bei der Normierung der Spannglieder ergeben zu grosse Kabelquerschnitte zu wenig Anpassungsmöglichkeiten.

Weitere Punkte, die berücksichtigt werden müssen, sind die Frage nach einer rationellen Hülle für die Umschliessung der Drähte und die Frage, ob zwischen den einzelnen Drähten Abstandhalter angeordnet werden sollen.

Auf Grund langer Erfahrungen und nach sorgfältiger Abwägung der verschiedenen oben aufgeführten Argumente wurden beim Verfahren BBRV<sup>1)</sup> zwei neue Grossspannglieder

1) Verwertung in der Schweiz: Stahlton AG, Zürich; Ausländlizenzen: Bureau BBR, Zürich; Gerätevertrieb: Proceq S.A., Zürich. Vergleiche auch SBZ 1952, Nr. 8, S. 107, 1953, Nr. 47, S. 688 und 1956, Nr. 37, S. 551.

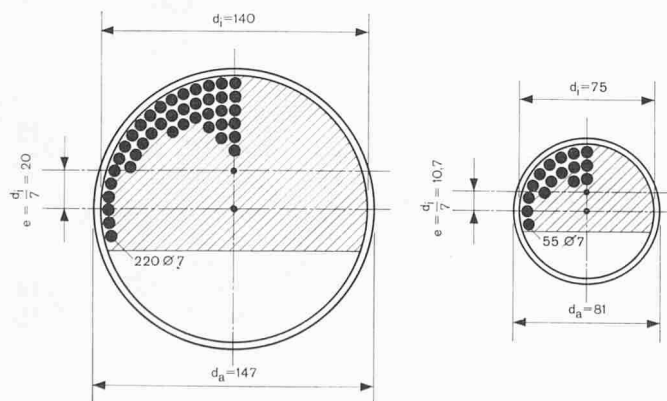


Bild 1. Aeusserste Lage der Drahtbündel in nach oben konkaven Spanngliedern von 880 t und 220 t Vorspannkraft mit Angabe der Exzentrizität  $e$  des Schwerpunktes des lokalen Drahtquerschnittes gegenüber der Hüllennaxe.  $e \approx \frac{1}{7} d_1$

mit 55 Drähten  $\phi 6$  bzw. 55 Drähten  $\phi 7$  mm entwickelt, welche bereits in der Praxis mit Erfolg angewendet werden.

Sie weisen die folgenden Hauptdaten auf: Vorspannkraft bei 110 bzw.

105 kg/mm <sup>2</sup> Drahtspannung	= 170 bzw. 220 t
Laufmetergewicht (Hülle und Drähte)	= 13 bzw. 18 kg
Innendurchmesser der Metallhülle	= 66 bzw. 75 mm
Aussendurchmesser der Metallhülle	= 72 bzw. 81 mm
Aussendurchmesser der Muffen rd.	= 75 bzw. 84 mm

Bezeichnung der beweglichen Endanker mit «C»  
Bezeichnung der festen Anker mit «E»  
Bezeichnung der Spannglieder: z. B. CE 170 = Kabel mit einem beweglichen Anker C und einem festen Anker E für 170 t Vorspannkraft.

Bild 1 zeigt die Querschnitte durch die beiden oben beschriebenen Spannglieder von 170 und 220 Tonnen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Anordnung von Spezialteilen zur Distanzierung der einzelnen Drähte mehr Nach- als Vorteile besitzt. Vor allem wird die Reibung zwischen Kabelhülle und Drahtbündel durch Abstandhalter oft vergrössert, und auch die Auspressarbeiten werden in der Regel durch die auftretenden Querschnittsverengungen eher erschwert. Im Bild 1 sind deshalb die losen und parallel in die Hülle eingelegten Drähte dargestellt und zwar an einer Stelle, wo das Spannglied nach oben konkav verläuft und die Drähte deshalb oben an der Hülle anliegen. Aus den beiden Abbildungen gehen auch die entsprechenden Exzentrizitäten zwischen Hüllennaxe und Schwerpunkt des Drahtbündels hervor. Der Quotient totaler Drahtquerschnitt: Hüllendurchmesser (Innendurchmesser) beträgt 0,47 bis 0,55. Mit Hilfe dieser Spannglieder ist es möglich, auch bei schlanken Trägern sehr konzentrierte Vorspannkraft unterzubringen, ohne insbesondere auf die Vorteile der Verwendung normierter Teile zu verzichten.

Bild 2 zeigt das Vorspannende eines mittelschweren Brückenträgers. Die Endanker der elf Spannglieder von je 170 t Vorspannkraft finden an der Stirnseite der Träger gut

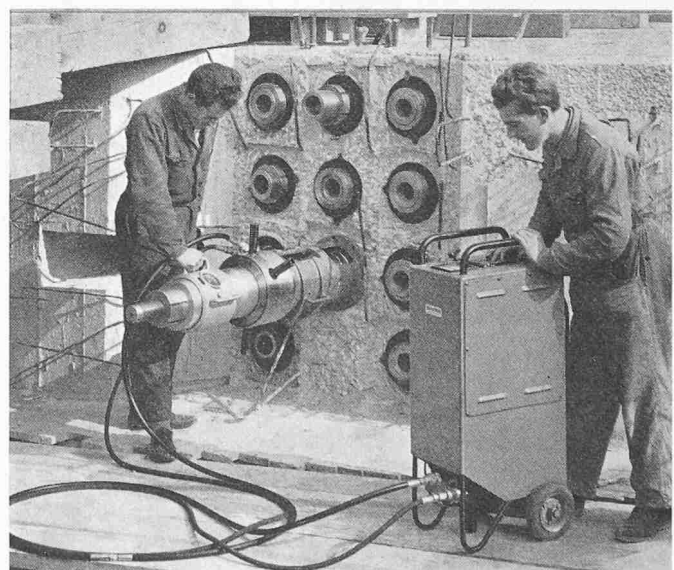


Bild 2. Vorspannende eines Brückenträgers ( $L = 2 \times 16$  m) mit 11 Anker C 170 t. Geräte: Elektrische Vorspanngruppe BBRV für 200 t Maximalkraft.

Alle nicht besonders bezeichneten Photos stammen vom Büro BBR, von der Stahlton AG oder von der Proceq S. A.

Platz und gewährleisten eine einwandfreie Kräfteinleitung. Das Bild zeigt deutlich, dass die Verwendung kleinerer Spannglieder eine unnötig grosse Zahl von Verankerungsstellen ergeben hätte.

In Sonderfällen, wo bei schlanken Trägern der Wunsch besteht, den Angriffspunkt der Vorspannkraft noch weiter nach unten (oder über den Stützen möglichst hoch nach oben) zu verschieben, besteht die Möglichkeit, die Drähte von zwei oder mehr Spanngliedern in einer gemeinsamen Hülle zusammenzufassen. Für die Verankerung wird es sich lohnen, die Kabelenden auseinander zu spreizen und normierte Ankerenteile zu verwenden. Das Spannen eines solchen zusammengefassten Kabels erfolgt am besten bei allen seinen beweglichen Ankern gleichzeitig; die gleichmässige Bedienung von zwei oder mehr Pressen bietet dabei keine besonderen Schwierigkeiten.

In Bild 3 sind als Beispiele die Querschnitte von schlanken, vorgespannten Rechteckträgern dargestellt und zwar unter Verwendung von Einzelkabeln oder zusammengefassten Spanngliedern. Zum ersten Mal wurde nach Verfahren BBRV eine solche Lösung beim Bau der Brücke «El Pilon» in Mexico im Jahre 1957 angewendet. Es wurden dort bei jedem Träger 9 BBRV-Kabel von je 90 t zu einer Einheit von 810 t zusammengefasst<sup>2)</sup>.

Bild 3 zeigt, dass bei der Zusammenfassung mehrerer Spannglieder die beiden wichtigen Masse *s* und *e* verringert werden können; dafür wird allerdings ein erschwertes Verlegen der grösseren Kabel in Kauf genommen. Die Notwendigkeit, mindestens an einer Stelle mit einem Tauchvibrator senkrecht zwischen die Spannglieder eindringen zu können, erfordert in der Regel die in Bild 3 angegebenen Lücken von 9 bis 10 cm, was zu einer Vergrösserung der Stegbreite führt. Bei Verwendung von Schalungsvibratoren (insbesondere bei vorfabrizierten Bauteilen) können diese grossen Kabelabstände auf etwa 5 cm verringert werden.

### 1.2 Länge

Infolge Transport- und vor allem Verlegeschwierigkeiten ergibt sich grundsätzlich eine gewisse Beschränkung der Länge der Spannkabel. Es zeigt sich jedoch, dass die Länge in den meisten Fällen den Wünschen des Ingenieurs und Bauunternehmers angepasst werden kann, besonders, wenn die

2) Beschrieben in SBZ 1960, H. 3, S. 39.

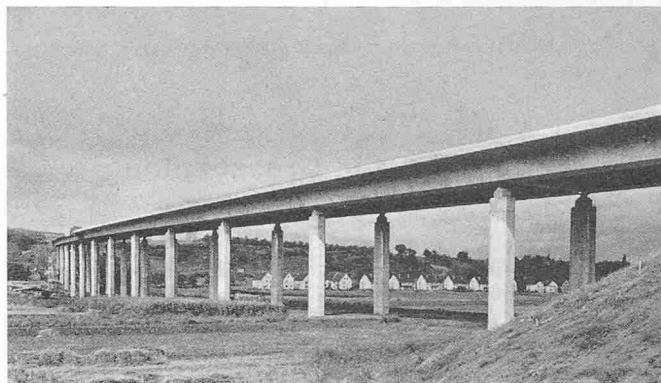


Bild 4. Brücke am Kettiger-Hang bei Weissenthurm/Rhein. Strassenbrücke über 13 durchlaufende Felder von je 39,20 m Spannweite mit gekuppelten Spanngliedern BBRV (13 Kupplungsstellen); Breite 18,14 m. Brückenaufleger noch unverkleidet. (Foto: Strabag Bau AG, Köln-Deutz)

Spannglieder wenigstens teilweise auf der Baustelle hergestellt werden.

Die Frage der Kabellänge ist vor allem wichtig bei durchlaufenden Konstruktionen auf drei oder mehr Stützen, wobei zwei Lösungen möglich sind: Vorwiegend durchlaufende Spannglieder oder solche, die an geeigneter Stelle gekuppelt werden. Der Ingenieur wird mit dem Unternehmer zusammen entscheiden, welche Lösung von Fall zu Fall zweckmässiger ist. Entscheidend sind Lehrgerüst- und Schalungsfragen, sowie das Bauprogramm.

Bild 4 zeigt eine durchlaufende Brücke über 13 Felder mit gekuppelten Spanngliedern BBRV von je rund 40 m Länge. Die Brücke wurde von der Firma Strabag Bau AG., Köln-Deutz, projektiert und mittels einer speziellen Vorbau- rüstung nach System Strabag in kürzester Bauzeit errichtet. Bild 5 zeigt eine Brücke über sechs Felder mit durchlaufenden Spanngliedern BBRV von 207 m Länge. Projekt: Ingenieurbureau Aegerter & Dr. Bosshardt, Basel; Ausführung: Bauunternehmung Appiani, Basel.

Es sei hier noch erwähnt, dass bei grossen Brückenträgern die Spannglieder auch schon ausserhalb der Träger angeordnet worden sind; dadurch ergaben sich besonders

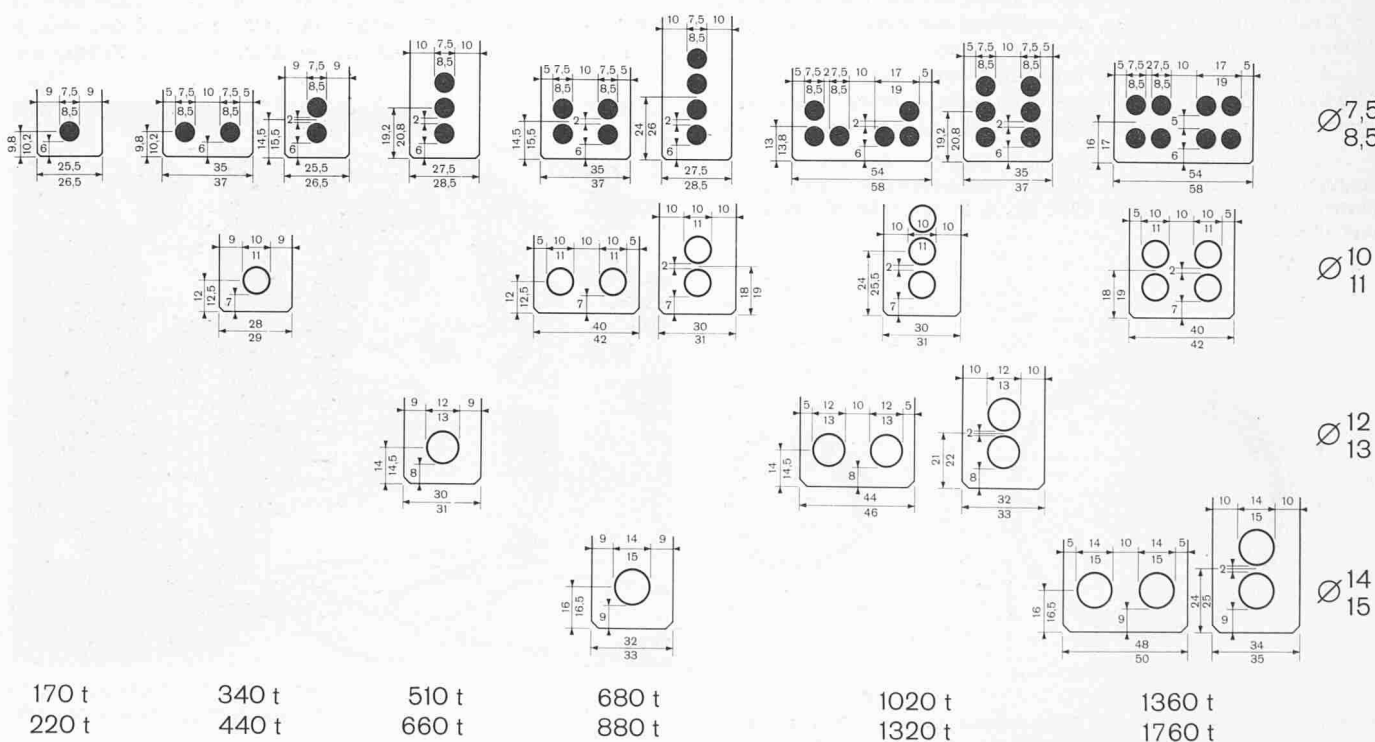


Bild 3. Einzelkabel und zusammengefasste Kabel in schlanken Stegen. Mindestmasse in cm für engste Anordnung (Schnitt beim Maximalmoment)

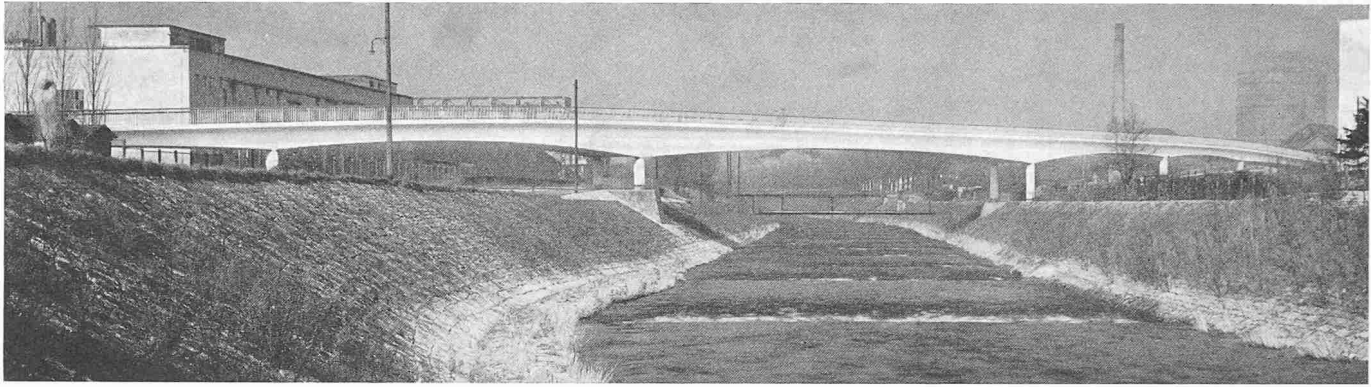


Bild 5. Höhenstrasse der Ciba AG, Basel, Durchlaufbrücke über 6 Felder mit durchgehenden Spanngliedern BBRV von 207 m Länge

schlanke Stege. Bei dieser Lösung sind besonders die Fragen der Krafteinleitung und des Verbundes zwischen Tragwerk und Kabel eingehend zu studieren.

Schliesslich muss an dieser Stelle noch auf die bekannten «konzentrierten Spannglieder» nach Baur-Leonhardt<sup>3)</sup> hingewiesen werden.

## 2. Wahl der Drähte und Hüllen beim Grossspannglied BBRV

### 2.1 Draht

Am besten eignet sich patentiertes, kaltgezogenes und gutgerichtetes Material, dessen Lieferwerk eine konstante, zähe Qualität garantieren kann<sup>4)</sup>. Beim Verfahren BBRV werden bekanntlich die einzelnen Drähte mittels kaltaufgestauchten Köpfchen verankert, wobei der Drahtdurchmesser keine Rolle spielt; dies im Gegensatz zu gewissen Keil- und Gewindevankerungen, wo bei grossen Vorspannkräften oft zu verhältnismässig grossen Durchmessern gegriffen werden

<sup>3)</sup> Siehe Leonhardt — Baur, Vorspannung mit konzentrierten Spanngliedern, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin.

<sup>4)</sup> Die Firma Stahlton AG, Zürich, hat in Zusammenarbeit mit dem Bureau BBR praktische Erfahrungswerte und Bedingungen für die Abnahme von Draht zusammengestellt.

muss. Die Wahl des Drahtquerschnittes kann sich deshalb nach den folgenden wichtigen, praktischen Erfordernissen richten: Möglichst grosse Biegsamkeit des fertigen Spanngliedes — kleine Biegespannung im Draht bei gekrümmten Kabeln — hohe Zugfestigkeit des Drahtes — kleiner Verschleiß — grosse Haftung im Einpressgut. Unter Berücksichtigung dieser Punkte erscheint für Grossspannglieder ein Drahtdurchmesser von 6 bis 7 mm als zweckmässig.

### 2.2 Hülle

Am besten eignet sich ein geschweisstes Wellrohr aus Bandeisen von rd. 0,3 mm Blechstärke. Bei Verwendung von spezialgefalteten Rohren muss der Falz wasserdicht und genügend widerstandsfähig sein. Beim Hin- und Herbiegeversuch an einem solchen Hüllrohr bis zu einer Minimalkrümmung von  $R = 50$  cm sollte der Bruch nicht beim Falz, sondern bei den Sicken erfolgen. Die Länge der einzelnen Hüllrohre kann 6 bis 12 m betragen. Als Muffenverbindung eignet sich am besten ein ähnliches Rohrstück mit etwa 3 mm grösserem Durchmesser von rd. 30 cm Länge. Die Anbringung der Einpress- und Entlüftungstutzen muss an jeder erforderlichen Stelle der Kabelhülle (in der Regel in den tiefsten und höchsten Punkten) möglich sein.

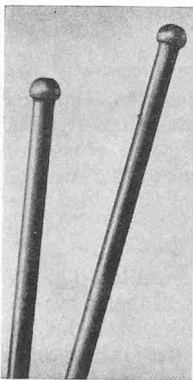


Bild 6. Kaltaufgestauchte BBRV-Drahtanker



Bild 7. Aufstauchen der Drähte mit Drahtstauchmaschine Vogt (mechanisches Gerät für Drähte bis 8 mm  $\phi$ )



Bild 8. Hydraulisches Stauchwerkzeug mit Fusspedal-Bedienung, kleinerer Typ für Draht  $\phi$  bis 7 mm

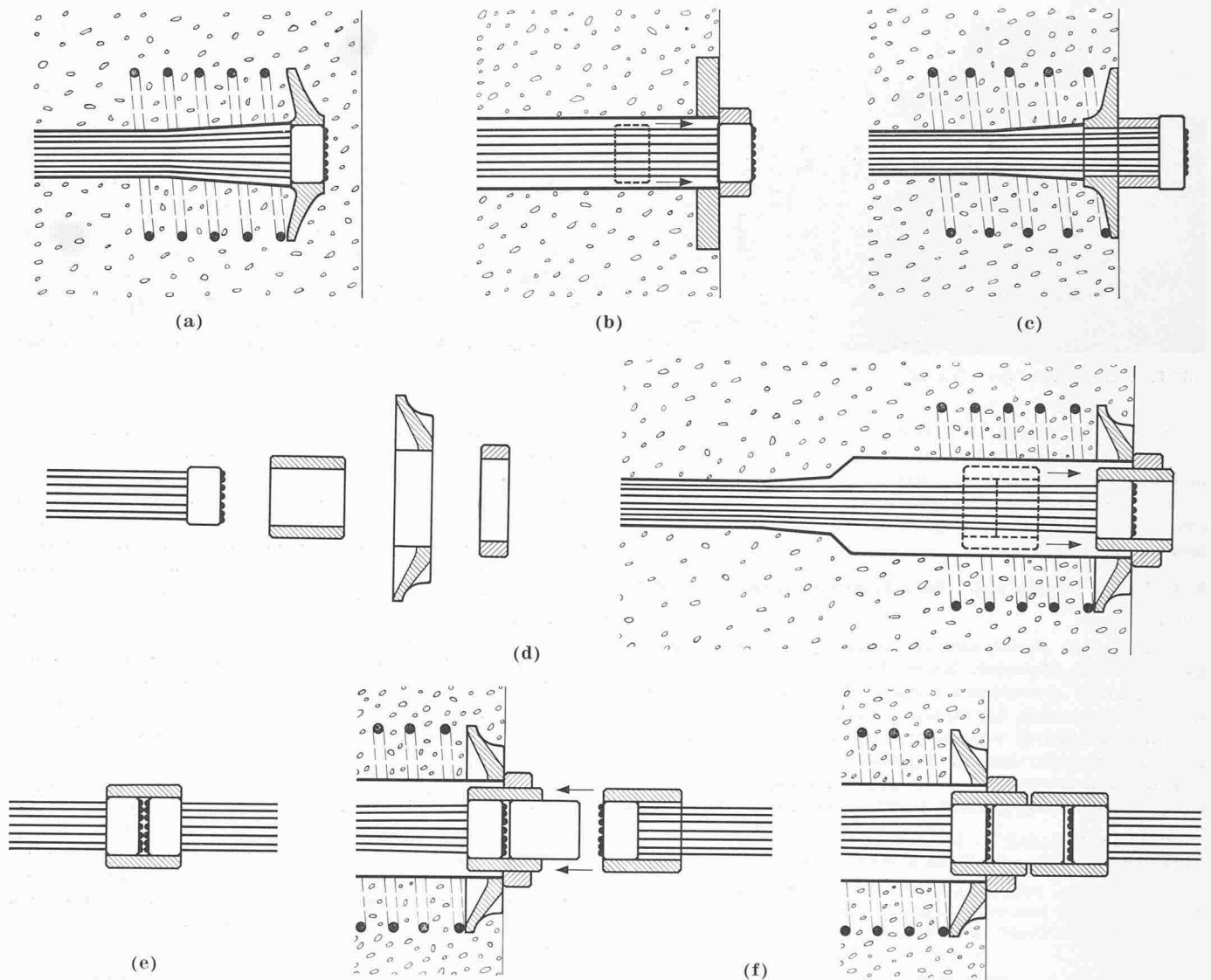


Bild 9. Anwendungsmöglichkeiten des Grundkörpers

### 3. Wahl der Ankertypen

#### 3.1 Verankerung der einzelnen Drähte am Kabelanker

Bevor auf die Frage der Gestaltung und Bemessung der eigentlichen Kabelverankerung eingegangen wird, soll kurz auf die Merkmale der Verankerung der einzelnen Drähte — soweit diese für die hier besprochenen Ankertypen von Bedeutung sind — eingegangen werden.

Beim Verfahren BBRV ist jeder einzelne Draht mittels eines kaltaufgestauchten Köpfchens von bestimmter Form am Kabelanker abgestützt. An die Verankerung jedes einzelnen Drahtes werden die folgenden Anforderungen gestellt: Die Drahtanker müssen die volle statische Zugfestigkeit des Drahtes aufnehmen können — der dynamische Zugversuch soll bei 2 Millionen Lastwechsel und der Nettovorspannung als untere Lastgrenze eine Schwingweite von mindestens  $12 \text{ kg/mm}^2$  ergeben — die Verankerung jedes einzelnen Drahtes muss auch dann voll gewährleistet sein, wenn der Drahtdurchmesser etwas veränderlich ist (Liefertoleranzen!) oder die Drahtoberflächen rostig oder ölig sind — der Uebergang vom Köpfchen zum Draht soll derart sein, dass kein Aufweiten des Bohrloches auftritt; dabei soll der Köpfchendurchmesser (um eine möglichst grosse Ausnutzung der Ankerfläche zu erreichen) möglichst klein sein.

Aus diesen Ueberlegungen und auf Grund umfangreicher Versuche ergab sich die in Bild 6 wiedergegebene Köpfchenform.

Bild 7 zeigt den neuesten Typ einer mechanischen Drahtstauchmaschine <sup>1) 5)</sup> für Draht bis zu 8 mm Durchmesser, die

<sup>5)</sup> Konstruktion: dipl. Ing. Kurt Vogt, Beinwil am See, AG.

in der Lage ist, rd. 1000 der oben beschriebenen Köpfchen pro Stunde kalt aufzustauen. Daneben bestehen hydraulische Stauchwerkzeuge (siehe z. B. Bild 8) von etwas geringerer Leistung, die bis zum Drahtdurchmesser 12 mm verwendet werden können.

#### 3.2 Bemessung der Kabelanker

Betreffend statische Bruchlast und Verhalten bei dynamischer Beanspruchung werden an die Kabelanker die gleichen technischen Anforderungen gestellt, wie sie im Abschnitt 3.1 für die Drahtanker erwähnt worden sind <sup>6)</sup>. Diese Bedingungen sind bei allen BBRV-Verankerungen erfüllt und sind aus den folgenden Gründen unerlässlich:

1. Während dem Bauzustand und auf jeden Fall vor der Erhärtung des Einpressmörtels «hängt» das ganze Bauwerk an der Verankerung.
2. Es kann vorkommen, dass sowohl die Querkräfte als auch die Biegemomente in der Nähe der Anker gross sind, z. B. bei Rahmenecken.
3. Bei Ueberlastung eines Balkens können gleichzeitig mit den Biegerissen in der Balkenmitte schräge Schubrisse bei den Auflagern, d. h. in der Nähe der Kabelanker auftreten. Es bildet sich vor dem Bruch des Tragwerkes ein flaches Gewölbe mit Zugband, und die Bruchsicherheit hängt weitge-

<sup>6)</sup> Neuere, an der Eidg. Materialprüfungsanstalt, im Auftrage der Stahlton AG, Zürich, durchgeführte Versuche ergaben bei BBRV-Spanngliedern vom Typ CC und bei 2 Millionen Lastwechseln:  
 Obere Spannungsgrenze =  $111 \text{ kg/mm}^2$   
 Untere Spannungsgrenze =  $95 \text{ kg/mm}^2$   
 Schwingseite =  $16 \text{ kg/mm}^2$

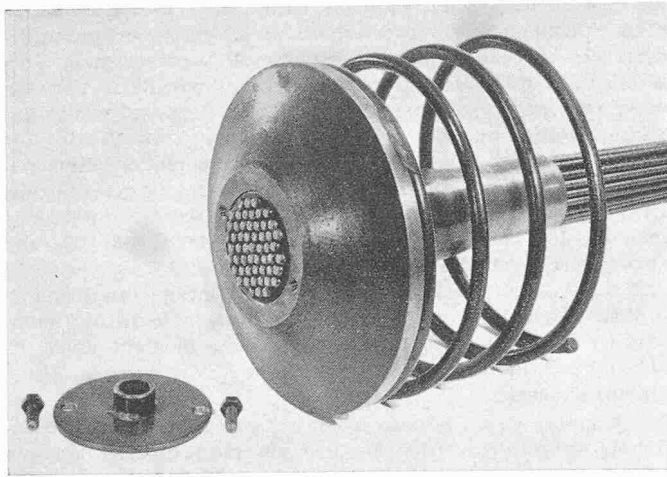


Bild 10. Fester BBRV-Kabelanker Typ E 220 (55 Drähte  $\varnothing$  7 mm), bestehend aus Ankerplatte und Grundkörper (dieser in Platte eingeschraubt). — Links unten: Halteplatte für Drahtköpfchen samt Befestigungsschrauben

hend von der Zuverlässigkeit der End-Verankerung dieses Zugbandes, d. h. von der Festigkeit der Kabelanker ab.

Der Bruchsicherheit der Kabelverankerung kommt somit die gleiche Bedeutung zu wie derjenigen des Spanngliedes an irgendeiner andern Stelle.

Betreffend Prüfung der Kabelanker wird auf den letzten Abschnitt dieses Aufsatzes verwiesen.

Bei der Gestaltung der Kabelanker wurde von den folgenden Erfordernissen ausgegangen:

1. Möglichst starke Konzentration der Drähte gegen die Kabelaxe hin. Damit wird eine zu grosse Spreizung der Drähte mit allen ihren nachteiligen Folgen verhindert und die Abmessungen der Verankerung werden klein gehalten.
2. Möglichkeit einer rationellen Massenherstellung der Ankerteile.
3. Möglichkeit der Anpassung an verschiedene Verankerungs- und Kupplungsarten.
4. Möglichkeit der Verwendung von beliebigen Drahtdurchmessern (praktisch  $\varnothing$  6 bis 8 mm, in Sonderfällen bis  $\varnothing$  12 mm) und einer beliebigen Anzahl Drähte.

Alle diese Punkte konnten durch die Schaffung eines Anker-Grundkörpers aus einem legierten und vergüteten Stahl befriedigt werden. Dieser hat die Form eines kurzen Zylinders mit Aussengewinde und ist mit einer grossen Anzahl dicht nebeneinander verlaufender zylindrischer Bohrungen versehen. Die sämtlichen Drähte eines Spanngliedes sind an diesem Grundkörper verankert, wobei die einzelnen Drahtköpfchen sich fast berühren (Bilder 10 bis 12). Die Abmessungen des so erhaltenen Ankers sind ausserordentlich gering und können kaum mit einer anderen Lösung erreicht werden. Seine wirtschaftliche Herstellung erfolgt unter Verwendung

von automatischen Gewindeschneide- und Mehrspindelbohrmaschinen<sup>7)</sup>.

Die sehr mannigfaltige Verwendungsmöglichkeit des Grundkörpers geht aus der Zusammenstellung Bild 9 (a bis f) hervor:

Die Skizze (a) und Bild 10 zeigen den Grundkörper als Teil eines festen Ankers E. Beim abgebildeten Beispiel ist der Grundkörper in eine runde, geschmiedete Ankerplatte hineingeschraubt. Die links unten im Bild 10 dargestellte Scheibe dient zur Anpressung der Drahtköpfchen gegen die Ankerplatte und zur Fixierung des Kabelendes gegen die Schalung. Die Skizze (b) zeigt den Grundkörper als sogenannten Durchschubanker D: das mit dem Grundkörper versehene Spannglied wird durch ein Loch der vorzuspannenden Konstruktion hindurchgestossen und bei der Austrittsstelle mit Hilfe einer Mutter gegen eine Unterlagsplatte abgestützt. Diese Ankerart wird z. B. sehr oft beim Zusammenspannen einzelner vorfabrizierter Betonteile verwendet. Die Skizze (c) und Bild 11 zeigen einen Grundkörper mit etwas erweiterter Randzone. Nach dem Spannen können unter diesen zwei Distanzstücke eingelegt werden. Diese Ankerart A eignet sich speziell für kurze Spannglieder von 20 bis 30 m Länge. Die Skizze (d) und Bild 12 zeigen die Anwendung des Grundkörpers beim beweglichen BBRV-Anker C. Hier ist der Grundkörper in eine Zughülse mit Innen- und Aussengewinde hineingeschraubt und bildet den Boden derselben. In die Hülse hinein wird die Vorspannspindel geschraubt und nach dem Spannen die Anker Mutter aussen auf die Hülse aufgedreht. Die vom Grundkörper getrennte Anordnung der Hülse bringt die folgenden Vorteile mit sich:

1. Sie kann aus einem anderen Material bestehen als der Grundkörper; am besten aus einem zähen gewalzten Kohlenstoffstahl.
2. Sie kann beliebig lang sein, was besonders bei sehr langen und gekrümmten Spanngliedern, wo die Vorbestimmung des Dehnweges etwas schwieriger ist, wichtig sein kann.
3. Es lassen sich auf einfache Art die Spanngliedverbindungen (Kupplungen) gemäss den Skizzen (e) und (f) verwirklichen, wobei in beiden Fällen die lose Zughülse über den Grundkörper oder die Kupplungsspindel geschraubt werden kann.

Zum Schluss dieses Abschnittes noch ein Hinweis auf die Grösse der Unterlagsplatten: Auf Grund von Versuchen<sup>8)</sup> und jahrelanger praktischer Erfahrung hat es sich gezeigt, dass bei genügend steifen Platten, bei genügendem Abstand vom Betonrand und einer Betonqualität, wie sie ohnehin für Spannbetonbauwerke angezeigt ist, die folgenden mittleren Betonspannungen bei der grössten Vorspannkraft zulässig sind: bei quadratischen Platten 250 kg/cm<sup>2</sup>, bei runden Platten (wie sie bei den hier besprochenen Spanngliedern eher in Frage kommen, siehe Bilder 10 bis 12) 275 kg/cm<sup>2</sup>.

<sup>7)</sup> Fabrikation: Mecana SA, Maschinenfabrik, Schmerikon/SG.

<sup>8)</sup> Das Bureau BBR, Zürich, hat zusammen mit der Süddeutschen Spannbeton-GmbH in Augsburg umfangreiche Versuche an der Technischen Hochschule Darmstadt durchführen lassen.

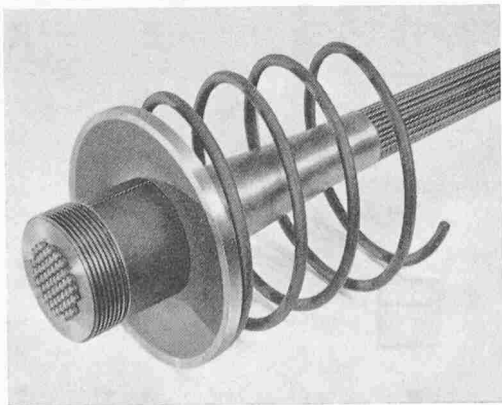


Bild 11. Grundkörper mit erweiterter Randzone und unterlegten Distanzstücken

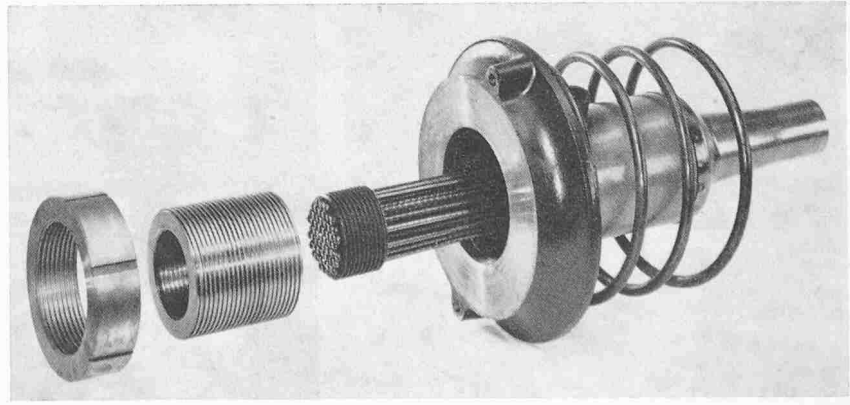


Bild 12. BBRV-Kabelanker Typ C 220 (55 Drähte  $\varnothing$  7 mm), bestehend aus Ankerplatte mit Übergangsrohr und Spirale, Grundkörper, Zughülse und Anker Mutter

Diese Pressungen können noch erhöht werden, wenn die Ankerplatte etwas tiefer im Beton eingebettet ist (Bilder 9a und 10). In jedem Falle muss der Beton unter den Unterlagsplatten in geeigneter Weise bewehrt werden, wobei es wichtig ist, dass die Bewehrung noch ein einwandfreies Einbringen und Einrütteln des Betons gestattet. Es zeigt sich immer wieder, dass eine satte Hinterbetonierung der Unterlagsplatten wichtiger ist als eine zu dichte Armierung.

#### 4. Fabrikation und Verlegen der Spannlieder

Die Herstellung der Spannkabel sollte so weit als möglich in einer zentralen und rationellen Fabrikationsstätte erfolgen. Einige Umstände erschweren oder verunmöglichen jedoch diese Ideallösung und führen zu einer Fabrikation auf der Baustelle: Grosse Länge und Gewichte (Transport- und Verladungsschwierigkeiten) der Einzelkabel — zu grosse Transportdistanz — Gefahr der Verletzung der Kabelhülle — zu grosse Steifigkeit der Kabel (und somit erschwertes Aufrollen) bei grossem Drahtdurchmesser, bei grosser Drahtzahl und insbesondere beim Vorhandensein versteifender Abstandhalter zwischen den Drähten — zu teurer Zwischen-transport des Drahtes zum Werk und von da zur Baustelle — usw.

170- und 220-Tonnen-Kabel werden in der Schweiz zur Zeit bis zu Längen von etwa 50 m vollständig im Werk hergestellt (bei 100-Tonnen-Kabel beträgt diese Länge vergleichsweise 100 m). Bei grösseren Längen besteht die Möglichkeit, die Spannlieder teilweise im Werk vorzubereiten und bei ganz grossen Längen (grösste bisherige Kabellänge in der Schweiz 324 m) wenigstens die Drähte genau abzulängen und aufgerollt in Bündeln von 10 bis 20 Drähten auf die Baustelle zu bringen.

In der Schweiz dürfte der Anteil der im Werk ganz oder teilweise hergestellten Spannlieder etwa zwei Drittel ausmachen. Bei der Zunahme von Grossbrücken-Baustellen dürfte dieser Anteil jedoch noch abnehmen. Es ist auf jeden Fall so, dass eine erhebliche Menge Draht auf der Baustelle verarbeitet werden muss und demnach erforderlich, eine Fabrikationslösung zu treffen, die sowohl im Werk als auf der Baustelle einfach und wirtschaftlich ist.

Eine solche Anlage <sup>1)</sup> 7) ist auf Bild 13 dargestellt. Der Draht wird mittels eines angetriebenen Haspels durch eine Spezial-Spann- und Schneide-Einrichtung hindurch in einen langen Kanal bis zum Endanschlag gestossen. Dort wird das Drahtende kurz gefasst, beim Einlaufende leicht gespannt und daselbst auf die genaue Länge abgeschnitten. Der Auswurf des Drahtes erfolgt von einem Ende aus von Hand. Mit dieser einfachen, halbautomatischen Einrichtung, die leicht auch auf jeder grossen Baustelle aufgestellt werden

kann, ist es möglich, je nach Kabellänge durchschnittlich 6 bis 8 Tonnen Draht pro Arbeitstag zu fertigen Spannliedern zu verarbeiten. Lösungen mit vollautomatischem Vorschub und Drahtauswurf und solche mit paralleler Verwendung von mehreren Haspeln sind kompliziert und wenig anpassungsfähig und die erzielte Einsparung rechtfertigt die erheblichen Mehrinvestitionen kaum. In einem zweiten Arbeitsabschnitt wird das Hüllrohr über das fertig geschnittene Drahtbündel gezogen (Bild 14), daraufhin werden die Ankerteile an den beiden Bündelenden eingefädelt (Bild 15) und zurückgeschoben, die Drahtenden gemäss Bild 7 aufgestaucht und die Ankerteile einschliesslich der Montageeinrichtungen in ihre endgültige Lage gebracht. Anstatt das Hüllrohr nachträglich über das Drahtbündel zu ziehen, besteht auch die Möglichkeit, die einzelnen Drähte beim Ablängen in die Hülle hineinzustossen.

Kleinere Kabel können leicht auf geeignete Haspel kreisförmig aufgerollt werden; bei grossen und schweren dagegen ist es zweckmässig, den Transport unter Verwendung von Spezialfahrzeugen in möglichst langen, ovalen Ringen (Auslenkmasse z. B. 2,00 × 12,00 m) vorzunehmen. Bild 16 zeigt eine Anzahl montagebereiter Spannlieder BBRV vom Typ CE 220; die Bilder 17 und 18 zeigen den Transport von Kabeln auf die Baustelle. Hier sei noch darauf hingewiesen, dass die Lagerung der Spannlieder im Werk und auf der Baustelle unbedingt in einem trockenen Raum erfolgen soll.

Das rationelle und rasche Verlegen der Spannlieder und insbesondere von langen und schweren Kabeln auf der Baustelle ist eine der schwierigeren Aufgaben. Leichte und kurze Einheiten können noch mit einer Anzahl von Hilfskräften abgeladen und verlegt werden, wobei es allerdings oft erforderlich ist, fast die ganze Belegschaft der Baustelle für diesen Arbeitsgang aufzubieten. Beim Abladen und Verlegen von schweren Kabeln ist der Einsatz von Hebezeugen, Winden und Bodenrollen erforderlich. Dabei ist die Verwendung einer grossen Zahl solcher Rollen, auf denen das Spannlied längsverschoben werden kann, besonders vorteilhaft. Ein so entlang der Schalung längsverschieblich gelagertes schweres Kabel kann gut mit Hilfe eines einfachen Hebezeuges, von einem zum anderen Kabelende fortschreitend, in die Schalung eingebracht werden.

#### 5. Spannen und Injizieren der Spannlieder

Für das Spannen und Injizieren der Kabel sollen einfache und nicht zu schwere Geräte zur Verfügung stehen. Auf Bild 2 ist eine zweckmässige und handliche Vorspanneinrichtung abgebildet: sie arbeitet mit 700 atü Betriebsdruck <sup>1)</sup> und ist für 200 t maximale Spannkraft bemessen. Die eigentliche, am Ankerkopf des Kabels angreifende

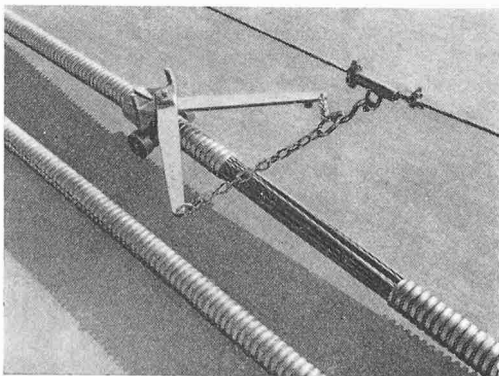


Bild 14. Aufziehen des Hüllrohres über das Drahtbündel

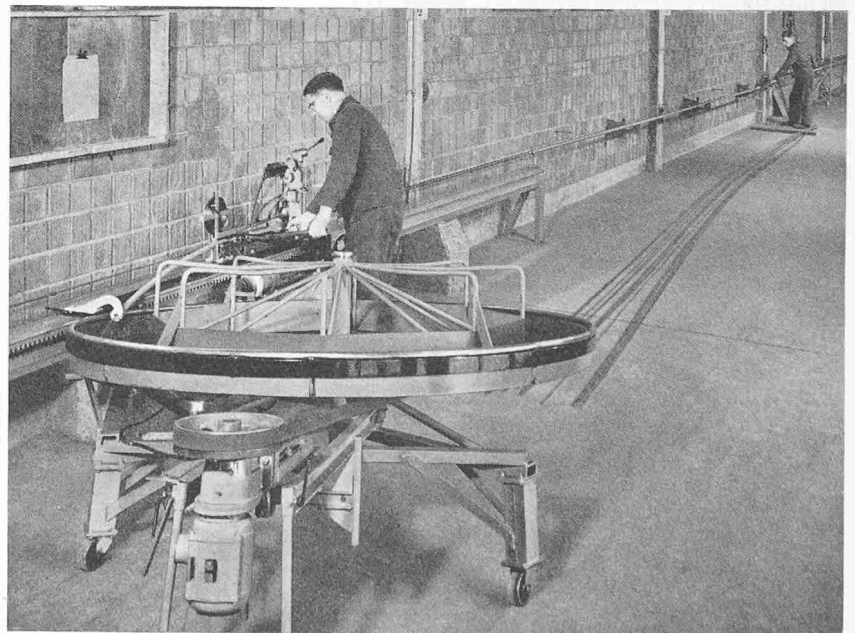


Bild 13 (rechts). Drahtablänganlage im Werk II Frick der Firma Stahlton AG, Zürich

Spanneinrichtung besteht aus den folgenden Teilen: Zugspindel mit Kupplungsstück und Mutter, Stützrohr, das an der Ankerplatte des Kabels befestigt werden kann und ein bis zwei (je nach Spannweg) Stützrohrverlängerungen (Bajonettenanschluss), den hydraulischen Pressen <sup>7)</sup> <sup>10)</sup>, dem Kraftmessgerät <sup>9)</sup> <sup>11)</sup> und der Gegenmutter, die die Spannkraft in die Zugspindel leitet. Jeder einzelne Teil dieser Einrichtung ist nur so schwer, dass er gut von 1 bis 2 Mann gehandhabt werden kann.

Die Verwendung eines zuverlässigen und genauen (Fehler  $\pm 1\%$ ) Kraftmessgerätes, z. B. des Druckdynamometers mit Zentrumsloch, System E. Schmidt <sup>12)</sup>, ist besonders bei gekrümmten und langen Spanngliedern unerlässlich. Nur bei Verwendung eines solchen ist es möglich, genaueren Aufschluss über Reibungsverluste zu erhalten und ein etwaiges, kurzzeitiges Ueberspannen und wieder Entspannen genügend genau zu erfassen. Um den Dehnweg des Drahtbündels zuverlässig messen zu können, ist es zweckmässig, wenn die Pressenkolben (am besten an drei verschiedenen Stellen am Umfang) mit gut lesbaren mm-Skalen versehen sind.

Die verwendeten Elektropumpen <sup>7)</sup> <sup>10)</sup> besitzen eine Förderleistung bis zu 3 l/min, beim erwähnten Betriebsdruck von 700 atü. Die Zuleitungs-Hochdruckschläuche besitzen Schnellverschlüsse mit beidseitig wirkenden Rückschlagventilen.

Bei der Verpressung der Spannglieder mit Zementmilch stellen sich zwei Aufgaben.

Die erste betrifft die zweckmässige Zusammensetzung einer möglichst wasserarmen, aber noch gut pumpbaren Zementmilch. Es ist allgemein bekannt, dass ein gutes Resultat nur bei Verwendung eines geeigneten Zusatzmittels <sup>13)</sup> erreicht werden kann. Ein solches sollte möglichst die sechs folgenden Wirkungen aufweisen: Verringerung des Anmachwassers (verflüssigende Wirkung) — Erhöhung der Pumpfähigkeit (schmierende Wirkung) — Regulierung der Abbindezeit (verzögernde oder für Sonderfälle beschleunigende Wirkung) — leichtes Ausdehnungsvermögen (treibende Wirkung) — geringes Absetzen des Zementes (dispergierende Wirkung) — Frostschutz.

<sup>9)</sup> Fabrikation: A. Eisenhut, Apparatebau, Basel.

<sup>10)</sup> Konstruktion: Vektor AG, Zürich.

<sup>11)</sup> Konstruktion: dipl. Ing. Ernst Schmidt, Basel.

<sup>12)</sup> Siehe «Technische Rundschau» Bern, 1958, Nr. 35.

<sup>13)</sup> Im Auftrage des Bureau BBR hat die bekannte Firma Concrete Chemicals Company, Cleveland (USA) und Toulouse (Frankreich), ein spezielles Zusatzmittel für Spannglieder geschaffen, das den Namen «BBRV Grout additive» trägt.

Die zweite Aufgabe betrifft die Aufbereitung und Einpressung der Mischung. Diese erfolgt am zweckmässigsten mittels des bekannten Doppelmischers <sup>1)</sup> <sup>7)</sup> mit Motorantrieb, wie er auf Bild 19 dargestellt ist (siehe auch SBZ 1952, S. 107). Gegenüber früheren Konstruktionen ist das abgebildete Gerät niedriger gebaut (Höhe = 1,20 m) und besitzt eine einfache, rasch zu reinigende Gummikolbenpumpe und einen neuartigen Manometerschutz. Das Fassungsvermögen je Behälter beträgt 100 l, die Förderleistung 1200 l/min. Die Verwendung einer Kolbenpumpe bewährt sich immer wieder, sie gestattet vor allem auch, am Schluss der Injektionsarbeiten das Einpressgut kräftig unter Druck zu setzen, bevor der Einpresshahn geschlossen wird. Bei den neuen Modellen sind Ventile und Kolben leicht zugänglich und damit sehr rasch und einfach zu reinigen.

Bei Verwendung eines geeigneten Injektions-Hilfsmittels ist es möglich, eine Zementmilch mit 36 bis 40 Liter Wasser je 100 kg Zement zu verwenden, die nach 28 Tagen eine Würfelfestigkeit von mindestens 350 kg/cm<sup>2</sup> ergibt.

Zum Schluss dieses Kapitels sei noch auf folgendes hingewiesen: Die Verwendung von grossen Spanngliedern bringt den wichtigen Vorteil mit sich, dass sowohl die Vorspann- als auch die Einpressarbeiten sich auf eine bedeutend kleinere Anzahl von Angriffstellen konzentrieren können. Damit ist es möglich, diese Arbeiten mit mehr Sorgfalt und damit zuverlässiger durchzuführen und trotzdem den notwendigen gesamten Zeitaufwand noch zu verringern.

## 6. Prüfeinrichtungen

Infolge des immer grösser werdenden Verbrauchs an Spannbetondraht sahen sich die Drahtwerke veranlasst, die Kontrolle über Güte und Gleichmässigkeit ihrer Produkte immer mehr auszubauen. In der Tat ist es für den Verbraucher von grösster Bedeutung, dass er von den Drahtwerken nur einwandfreies Drahtmaterial erhält; je zuverlässiger dort die Kontrolle ist, um so besser. Die Prüfung im Werk ist auch die zweckmässigste und einfachste und erlaubt dem Hersteller, nicht nur über seine Fabrikation zu wachen, sondern auch sofort einzuschreiten, wenn Mängel festgestellt werden, und auch entsprechende Erfahrungen zu sammeln. Einige Drahtwerke verwenden für ihre Drahtprüfung unter anderem eine kontinuierliche elektromagnetische Drahtprüfung <sup>14)</sup>, die mithelfen kann, die folgenden Schäden an

<sup>14)</sup> Siehe Bericht des 3. Internationalen Kongresses FIP, Berlin 1959, Seite 460: L. Schmerber: Erfahrungen mit Spannbeton-Prüfgeräten nach dem SD-Verfahren.

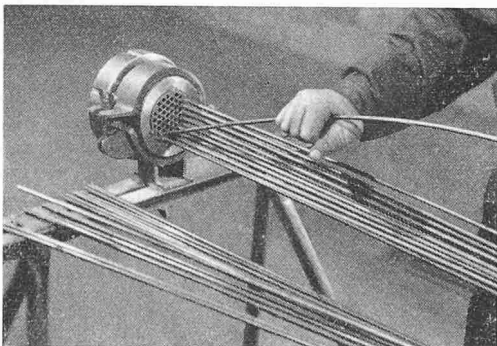


Bild 15. Durchstossen der Drähte durch den Anker-Grundkörper

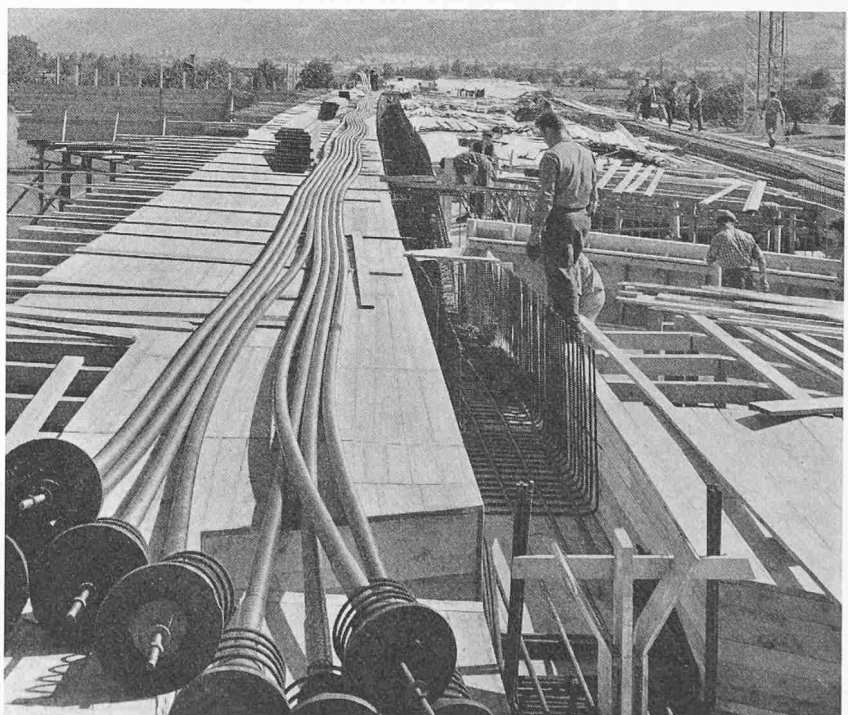


Bild 16 (rechts). Montagebereite, rd. 70 m lange Spannglieder BBRV, Typ CC 220





Bild 17. Transport von kreisförmig aufgerollten BBRV-Spanngliedern in den USA (Photo American BBR Inc., Chicago)



Bild 18. Mit ovalen Ringen beladener Tieflade-Transporter in Deutschland (Photo Suspa GmbH, Augsburg u. Langenfeld)

Spannbedrähnen festzustellen: Metallische Unreinheiten im Ausgangsmaterial — Ueberwetzungen und Ueberlappungen — Anrisse — grobe Korrosionschäden.

Wie schon oben erwähnt, ist es natürlich notwendig, dass der Draht, nachdem er das Drahtwerk verlassen hat, vom Empfänger beim Transport, bei der Verarbeitung und beim Lagern gut behandelt und geschützt wird.

Dem Verbraucher des Drahtes ist daran gelegen, denselben zu kontrollieren, bevor er ihn zu Spanngliedern verarbeitet. Er wünscht zu prüfen, ob der gelieferte Draht der bestellten Qualität entspricht und ob die Qualität bei grossen Lieferungen die gleiche bleibt. Dazu genügt die Durchführung von Stichproben.

Eine einfache und billige Kontrolle ist der Hin- und Herbiegeversuch mit ungeritzten und geritzten Drähnen unter Verwendung eines Biegeprüfers <sup>7)</sup>. Dabei wird das Drahtmuster, wie in Bild 20 angegeben, am unteren Ende zwischen zwei Backen eingeklemmt, oben gefasst, mittels einer Viertelsdrehung im Uhrzeigersinn in die Horizontale gebracht und von da ausgehend um 180° hin- und herbewegt. Die Backen weisen dabei einen Krümmungsradius von 5 oder 10 x Drahtdurchmesser auf. Bei der Prüfung mit geritztem Draht ist die Ritze aussen am Krümmungsscheitel vorzusehen; hierzu ist ein besonderes, einfaches Ritzwerkzeug mit schärfbarer Schneide entwickelt worden. Die Hin- und Herbiegeproben ergeben einen zuverlässigen Einblick in die Zähigkeit des Drahtes, die von grösster Bedeutung ist.

Für die Prüfung der Zugfestigkeit des Drahtes und der statischen Bruchlast der Drahtanker kann eine einfache Zugprüfmaschine verwendet werden, wie sie z. B. in Bild 21 dargestellt ist <sup>7)</sup> <sup>10)</sup>. Unter Verwendung eines praktischen De-

nungsmessers <sup>7)</sup> <sup>11)</sup>, der einfach und rasch auf den Draht aufgeklemt wird, kann auch rasch die Streckgrenze (2% bleibende Dehnung) ermittelt werden.

Von grösster Bedeutung ist weiter die laufende Prüfung der Ankerteile. Dabei ist es in erster Linie wichtig, dass die Stahlfirmen immer genau das Rohmaterial liefern, welches vom Verbraucher spezifiziert worden ist, und dass die Qualität durch ein Werksattest laufend belegt wird. Trotzdem ist es notwendig, das angelieferte Stahlmaterial vor seiner Verarbeitung betreffend seiner Festigkeitseigenschaften und seiner Reinheit nochmals zu untersuchen, um Rückschläge, die bei den in Frage stehenden grossen Kräften sehr schlimme Folgen haben können, zu vermeiden.

Die wichtigsten Prüfungen sind: Bestimmung der Härte am Roh- und am fertigen Produkt; Bestimmung der Festigkeit und der Streckgrenze an Materialabschnitten (Stichproben); sorgfältige Ultraschallprüfung an allen, speziell auf Zug beanspruchten Ankerteilen (Zughülse, Kupplungsspindel, siehe Bilder 9d, e und f). Ferner müssen sämtliche Gewinde unter Verwendung spezieller Lehren auf ihre Toleranzen hin genau kontrolliert werden.

Wichtig ist aber auch die Prüfung eines vollständigen Kabels. Schon für das genaue Studium, zwecks sparsamster Bemessung der Anker, ist die Einrichtung eines grosszügigen und leistungsfähigen Prüfstandes erforderlich. Dieser muss für die Bruchlast der grössten zu verwendenden Verankerung ausgebaut sein. Ferner sollten am gleichen Prüfstand auch die Vorspanneinrichtungen (Spindeln mit Muttern, Pressen und Pumpen) geprüft werden können, sowie Sonderausführungen von Endankern, Zwischenankern und Kupplungen, wie sie die Praxis laufend fordert.

Bild 22 zeigt eine solche Prüfeinrichtung. Sie besteht aus zwei fahrbaren Betonblöcken mit je einer zentral angeordneten, horizontalen Bohrung, durch welche das Spannkabel hindurchgestossen und gegen die beiden Stirnflächen verankert werden kann. Zwischen den Betonblöcken sind drei hydraulische Pressen von total 500 t Maximalkraft angeordnet. Beim Zerreiassversuch wird das Spannglied zunächst mit der links im Bild sichtbaren Einrichtung auf die maximale Vorspannkraft gebracht und dann verankert. Anschliessend wird die Spannresse entfernt

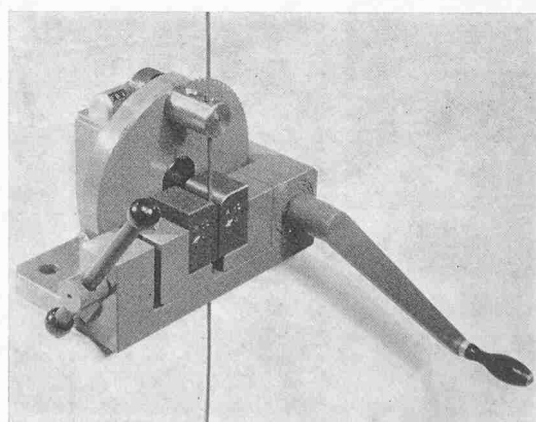


Bild 20. Apparat für Hin- und Herbiegeversuche Typ BT 8 zur Prüfung von hochwertigen Stahldrähnen  $\varnothing$  4 bis 8 mm

Bild 19 (links). Fahrbares Misch- und Einpressgerät mit Benzinmotorantrieb für den oberen Mischbehälter, das untere Mischwerk und die Kolbenpumpen



Bild 21. Drahtprüfmaschine mit eingebautem Spezialdynamometer Schmidt und Stossdämpfer für 10 t Risslast

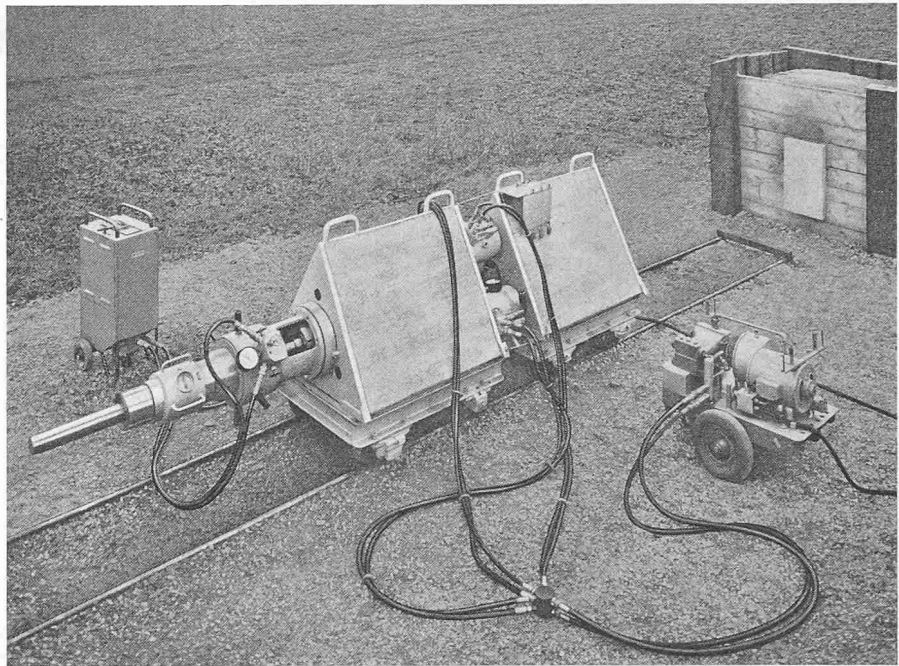


Bild 22. Versuchsanlage für die Prüfung von Spanngliedern BBRV bis zu 500 t Risslast

und die drei Pressen zwischen den Blöcken mit Hilfe der recht im Bild ersichtlichen Pumpe solange betätigt, bis der Bruch des Drahtbündels eintritt. Mit einer einfachen Einrichtung kann dabei der Dehnweg des Spanngliedes beobachtet werden. Während dem Spannen und nach dem Bruch der Drähte kann das Verhalten der Ankerteile an den beiden Kabelenden geprüft werden. Wie bereits oben erwähnt, sollen diese den Bruch des Drahtbündels auf jeden Fall einwandfrei überstehen.

Dem Zerreißversuch an einem 170- oder 220-t-Spannglied beizuwohnen, wird jeden Techniker begeistern. Es

kommt dabei die sehr grosse mechanisch-elastische Energie, die in diesem konzentrierten Bauelement aufgespeichert ist, voll zum Ausdruck: Wie Geschosse schlagen nach erfolgtem Bruch die einzelnen Drahtteile in rascher, unregelmässiger Folge nach beiden Seiten tief in die Sandkisten ein — zur Freude des prüfenden Ingenieurs, dessen Aufgabe es ist, diese Kräfte für die Verwirklichung grosszügiger und eleganter Bauwerke zu erfassen und zu verwerten.

Adresse des Verfassers: A. Brandestini, dipl. Ing. ETH, Oberdorfstrasse 8, Zürich 1/24.

## Wettbewerb für die Seeufer-Gestaltung von Biel, Nidau und Ipsach

DK 711.5

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Nach Abschluss der Beurteilung der einzelnen Projekte, nach einer Rundfahrt im Seebecken und einer eingehenden Besichtigung des Ufergeländes kommt das Preisgericht zu folgenden Schlussfolgerungen und Richtlinien für die Weiterbearbeitung der gestellten Aufgabe:

Von primärer Bedeutung für die Nutzung der landschaftlich hervorragenden Seebucht für Bewohner der Region Biel ist sowohl eine optisch intensive wie verkehrsmässige Verbindung der bebauten Gebiete mit dem Seeufer. Diese Verbindung ist ausserordentlich erschwert durch die bestehenden Bahndämme und wird zudem durch die projektierten Verkehrsstränge beeinträchtigt. Es muss alles unternommen werden, diese ungünstigen Vorbedingungen zu mildern. Daher sind Vorschläge verständlich, die versuchen, die Strassen zwischen Gurnigel und Seevorstadt unterirdisch oder auf Stützen zu führen und die Bahndämme durch Viadukte zu ersetzen oder Bahnlinien ganz zu verlegen. Einige dieser Vorschläge sind zum Teil wirtschaftlich kaum tragbar. Das Preisgericht ist der Auffassung, dass mindestens eine wesentliche Ausweitung der Durchbrücke in den Bahndämmen gefordert werden muss.

Es dürfte sich ebenfalls als grosser Vorteil für die Entwicklung der Stadt Biel ergeben, wenn der Durchgangsverkehr Süd-Nord (Bern—Neuenburg) in der zweiten Ebene auf Stützen geführt würde. Ferner erachtet es das Preisgericht als notwendig, nochmals die Frage zu prüfen, ob der Durchgangsverkehr im Gebiete der Schüss belassen werden

Schluss von Seite 77

soll und damit das Zentrum von Biel durchquert oder ob nicht eine Tangentialstrasse, mit Einmündung in den Nord-Süd-Strang im Gebiete des Gurnigel, vorzuziehen wäre (Projekt 6).

Eine ideale und organische Fussgängerverbindung Stadt-See ergibt die Fortsetzung und der Ausbau der beiden Grünzüge Schüsspromenade und Seevorstadt. Einzelne Projekte bereichern diese Verbindung mit der offenen Führung der Schüssgewässer bis zum See. Das Projekt Nr. 15 macht hierfür einen wertvollen Vorschlag.

Besondere Wichtigkeit ist ferner der Grünverbindung von der Seebucht zum Schloss Nidau beizumessen. Die Sicht vom See auf das Schloss ist für das Stadtbild so wesentlich, dass sie unter allen Umständen offengehalten werden muss. Diese Forderung könnte erleichtert werden durch eine Verlegung der im äusserst wertvollen Uferglande gelegenen Industriezone Nidau. Sollte diese Forderung auf unüberwindbare Schwierigkeiten stossen, so müsste zum mindesten die Einschaltung einer Grünzone (mindestens 50 m breit) südlich des Fischerweges und eine entsprechende Höhenbeschränkung der künftigen Industriebauten verlangt werden. Von den Gemeindegebieten und Gemeindezentren Nidau und Ipsach sind Grünverbindungen zum See anzustreben. Diese radialen Grünzüge müssen selbstverständlich in den Grüngürtel der Seebucht überleiten.

Die Gestaltung der Seebucht selbst muss in Zusammenhang mit den landschaftlichen Gegebenheiten gesehen werden. Das Südufer und das Nordufer stehen in starkem Gegen-