Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 37

Artikel: Schweizerische Spezialgeräte für die Spannbetontechnik
Autor: Brandestini, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-62699

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: 13.07.2025

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

Schweizerische Spezialgeräte für die Spannbetontechnik

DK 624.012.47.002.52

Von Dipl. Ing. **A. Brandestini,** Zürich

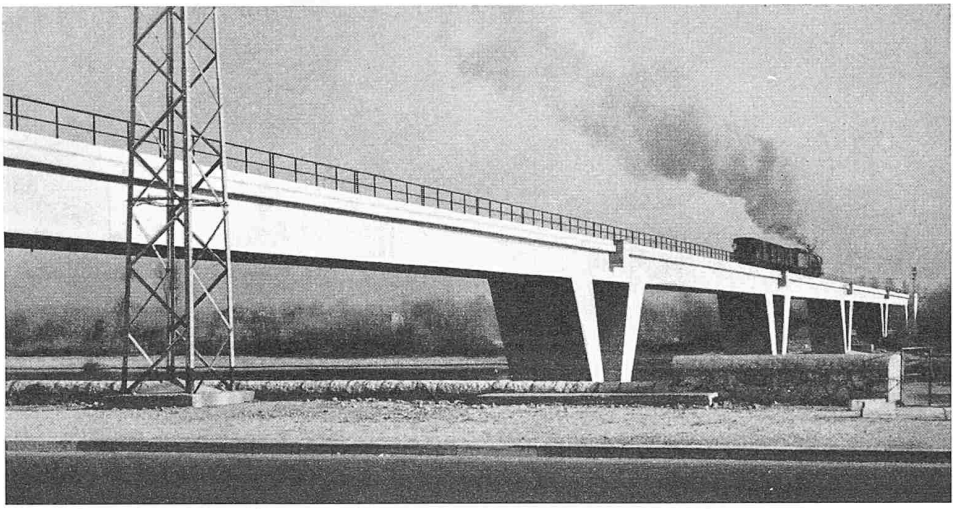


Bild 1. Eisenbahnbrücke über die Rhône bei La Voulte (Frankreich). Länge = 5×60 m, vorgespannt nach Verfahren BBRV. Ausführliche Beschreibung dieses Baues siehe «Travaux» vom September 1956

Im Laufe der letzten zehn Jahre ist die Spannbetontechnik in der Schweiz stark weiterentwickelt worden und hat auf den verschiedensten Baugebieten grosse Verbreitung gefunden. Durch die Schaffung eigener hochwertiger Verfahren [1] [2] [3] [4] [1]) konnte ferner von der Schweiz aus in vielen Ländern an der Verwirklichung einer bedeutenden Anzahl interessanter und fortschrittlicher Bauaufgaben (Industrie- und Brückenbauten, Behälter und Rohre, Eisenbahnschwellen, Einrichtung von Spannbetonwerken) mitgearbeitet werden (Bild 1). Parallel mit der Entwicklung neuer Methoden gingen das Studium und die Bereitstellung neuer leistungsfähiger Spezial-Maschinen und -Geräte [2]). Ueber die wichtigsten davon soll hier kurz berichtet werden.

1. Allgemeine Hilfs- und Versuchsgeräte

Verschiedene Aufgaben stellte die Verarbeitung des in der Spannbetontechnik verwendeten glatten oder profilierten Stahldrahtes von 3 bis 8 mm Durchmesser mit seiner sehr hohen Festigkeit von 150 bis 200 kg/mm², sowie die zuverlässige Messung der Vorspannkräfte in den Drähten. Ferner stellte die Notwendigkeit, die Qualität des vorgespannten Betons rasch und zuverlässig zu ermitteln, ein wichtiges Problem dar.

a) Drahtverarbeitung

Der Spannbetondraht wird in der Regel in Ringen von nicht zu kleinem Durchmesser und Gewicht (z. B. Ringdurchmesser bei 5-mm-Draht 1,50 m, bei 6-mm-Draht 1,80 m, Gewicht eines Ringes 100 kg) geliefert; die Ringe sollen genau bezeichnet sein (Drahtqualität) und in trockenem Raum gestapelt werden.

Für die Weiterverarbeitung des Drahtes ab Rolle lohnt es sich, einen zweckmässigen Haspel (1) [3]) zu verwenden. Die in Bild 2 dargestellte sehr einfache Vorrichtung besteht aus einem Fusskreuz mit vertikaler Achse und Lagerscheibe, einem Haspelaufsatz mit Gegenscheibe und dem Deckelring. Das Drehlager gewährleistet durch die beiden aufeinander reibenden Lagerscheiben (mit Lederzwischenlage) neben der guten Stabilität des Haspelaufsatzes die erwünschte Bremswirkung. Der Draht tritt zwischen dem äusseren Ring des Haspelaufsatzes und dem Deckelring aus. Auf diese Weise wird ein Aufspringen des Drahtringes auf einfache Art vermieden.

Für das Schneiden des sehr zähen Spannbetondrahtes sind spezielle Drahtscheren (1) entwickelt worden, da Scheren, die für normalen Eisendraht konstruiert sind, eine hohe Abnützung der Messer aufweisen und deshalb unpraktisch und trotz niedrigerem Preis auf lange Sicht unwirtschaftlich sind. Bild 3 zeigt eine Handdrahtschere für Runddrähte von bis 6 mm Durchmesser. Die Messer bestehen aus hochwertigem Spezialstahl; sie können leicht ausgebaut und dann gedreht oder nach Abnützung aller acht Schneidekanten ersetzt werden. Die Schraubensicherung beim festen Messer dient zugleich als Werkzeug zum Auswechseln der Messer. Gewicht: 3,6 kg. Eine Handschere für das Schneiden von Spannbetondraht bis zu 10 mm Durchmesser ist in Vorbereitung.

Bild 4 zeigt eine für ortsfesten Gebrauch konstruierte Parallelschere. Mit diesem Gerät ist es möglich, auf sehr rationelle Weise und mit wenig Kraft Drähte und Litzen bis zu 10 mm Durchmesser genau rechtwinklig und mit ebener Schnittfläche zu schneiden. Solche sauberen Schnittflächen sind insbesondere beim Aufstauchen der Drahtenden erforderlich, wie sie z. B. das Spannbetonverfahren BRRV zur Verankerung der Einzeldrähte verwendet (s. Abschnitt 2). Die Schere weist zwei zylindische Messer (1 festes und 1 bewegliches) aus Spezialstahl auf, die ein durchgehendes axiales Loch besitzen, durch welches der Draht hindurchgesteckt wird. Vom Bedienungsstab geht die Scherkraft über eine doppelte Hebelübersetzung zum beweglichen Messer. Um einwandfreie Schnittflächen zu erhalten, ist es zweckmässig, für jeden Drahtdurchmesser eigene Messer zu verwenden. Ferner ist darauf zu achten, dass die Stirnflächen der Messer sich stets satt berühren. Beide Messer sind gleich und können durch

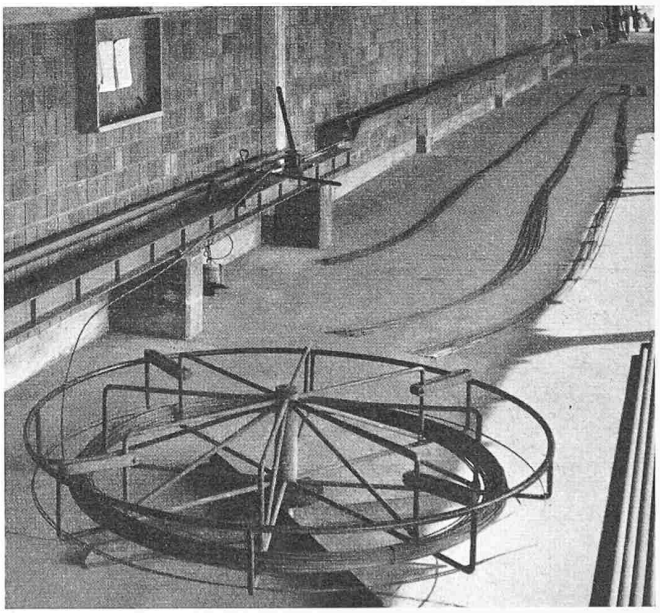
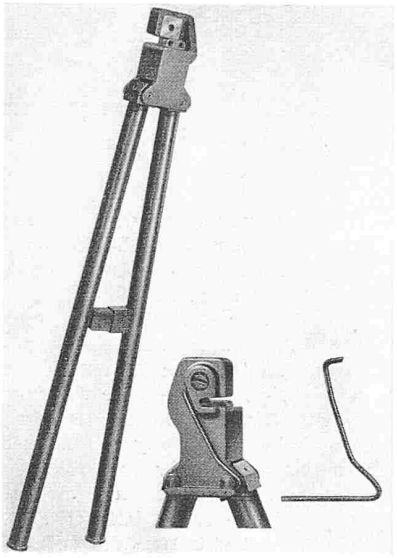


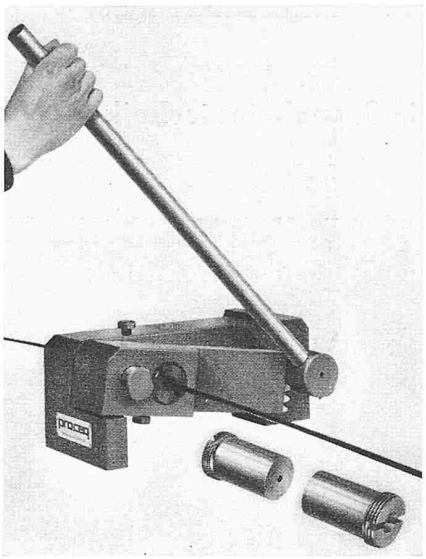
Bild 2. Drahthaspel und Ablängeeinrichtung nach Verfahren BBRV

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

[2]) Generalvertrieb für alle erwähnten Maschinen und Geräte ist die Proceq S. A., Zürich, Oberdorfstrasse 8.

[3]) Die Zahlen in runden Klammern beziehen sich auf das Verzeichnis der Erfinder und Konstrukteure am Schluss des Aufsatzes.





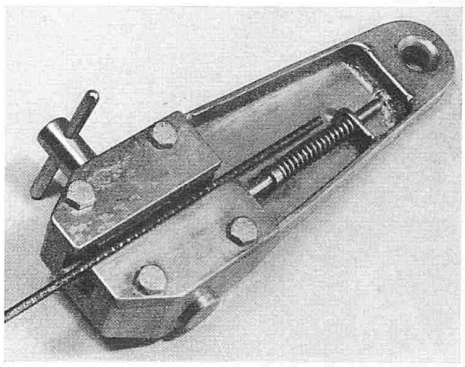


Bild 3 (links aussen). Handdrahtschere für Draht max. ϕ 6 mm

Bild 4 (links). Ortsfeste Parallelschere für Drähte max. ϕ 10 mm

Bild 5 (oben). Spannzange für Drähte max. ϕ 6 mm

Herausschrauben rasch ausgewechselt werden. Das Gewicht der Parallelschere beträgt 37 kg.

Bei der Verarbeitung oder beim Spannen von hochwertigem Draht stellt sich die Aufgabe, den Draht einwandfrei zu fassen. Für diesen Zweck wurde eine spezielle Spannzange (1) entwickelt, wie sie in Bild 5 dargestellt ist. Der glatte oder profilierte Draht (2 bis 6 mm ⌀) wird von oben zwischen zwei Klemmbacken eingelegt, nachdem diese durch Drehung eines seitlichen Griffes unter Ueberwindung einer Federkraft auseinander gedrückt worden sind. Der Draht kann nach Loslassen des Drehgriffes ohne weiteres bis zur Bruchlast gespannt werden. Bild 2 zeigt die Spannzange als zuverlässiges und handliches Greifwerkzeug beim leichten Spannen des Drahtes für genaues und damit sparsames Ablängen bei der Fabrikation von Spanngliedern nach Verfahren BBRV. In Abschnitt 4 wird auf die Spannzange als wichtigen Bestandteil einer Vorspanneinrichtung für Einzeldrähte nochmals hingewiesen. Das Gewicht dieses Gerätes beträgt 3,9 kg.

Ein Problem, das trotz seiner grossen Bedeutung lange Zeit weder in technischer noch in wirtschaftlicher Hinsicht in befriedigender Weise gelöst werden konnte, ist die zweckmässige Verbindung zweier Spannbetondrähte. An einen einwandfreien Drahtstoss müssen die folgenden Bedingungen gestellt werden: Die Bruchlast der Verbindung muss gleich der Bruchlast des Drahtes sein; geringe Platzbeanspruchung; möglichst hohe Biegsamkeit; rasche und billige Herstellung. Der Drahtstoss ist von besonderer Bedeutung beim Vorspannen von zylindrischen Rohren und Behältern durch Umwicklung mit gespanntem Draht (s. Abschnitt 3) und beim Vorspannen von Betonfertigteilen auf langen Spannbahnen (s. Abschnitt 4).

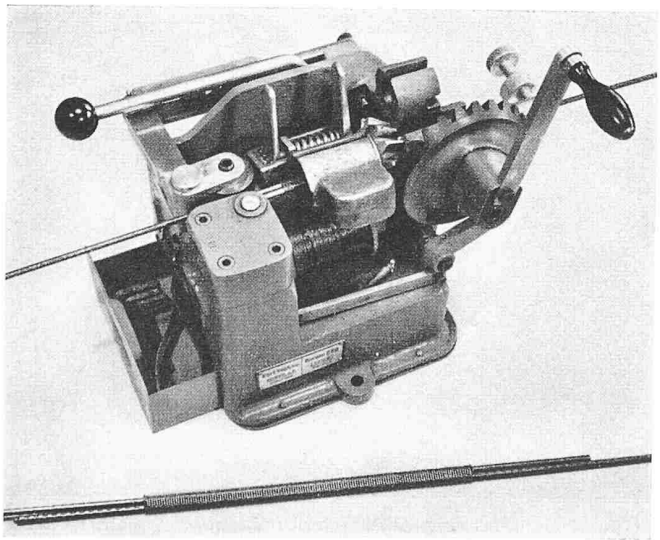


Bild 6 (links). Drahtbindemaschine, unten: fertiger Drahtstoss

Bild 7 (rechts). Drahtspannungsmesser für Drähte ϕ 4 bis 7 mm

Die in Bild 6 dargestellte Drahtbindemaschine (1) erfüllt die vier oben aufgeführten Bedingungen und hat deshalb Eingang in eine grosse Zahl von Spannbetonbetrieben auf der ganzen Welt gefunden. Das Prinzip der damit erzeugten Drahtverbindung ist einfach: Die nebeneinander liegenden Enden zweier zu stossender glatter oder profilierter Drähte von 2 bis 6 mm Durchmesser werden mit hochwertigem Stahldraht von kleinem Durchmesser auf eine bestimmte Länge L unter Spannung umwickelt, wobei das in Bild 6 unten angegebene Stossbild entsteht. Tabelle 1 enthält Angaben über die Stosslängen bei glatten runden Drähten. Das Gerät wird von Hand betätigt und wiegt 28 kg. Der erforderliche Bindedraht wird in kleinen Spezialspulen von etwa 800 g Gewicht geliefert.

Tabelle 1

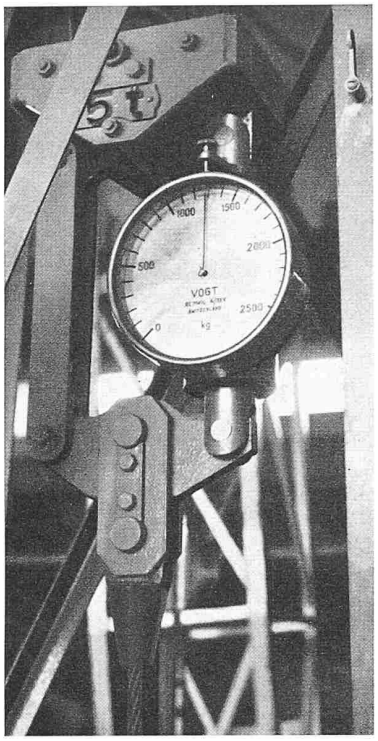
Drahtdurchmesser	3	4	5	6 mm
Stosslänge L	100	150	220	300 mm

b) Messung der Vorspannkraft im Draht

Die zuverlässige und praktische Messung der Vorspannkraft im einzelnen Draht oder in einem Spannglied, das aus vielen Drähten bestehen kann, ist vielleicht eines der wichtigsten Erfordernisse der Spannbetontechnik.

Der *Drahtspannungsmesser* (1), wie ihn Bild 7 zeigt, dient für die direkte Messung der Vorspannkraft an Drähten von Durchmessern bis 7 mm. Er beruht auf dem bekannten Prinzip, dass zwischen der Vorspannkraft im Draht einerseits und der Kraft, die erforderlich ist, um den Draht zwischen zwei Auflagern von gegebenem Abstand um ein bestimmtes Mass auszulenken, eine eindeutige Beziehung besteht. Das vorliegende Gerät zeichnet sich durch grosse Einfachheit und Handlichkeit aus und ist für Gebrauch auf der Baustelle solid konstruiert. Im Spannungsbereich von 80 bis 120 kg/mm² beträgt die Streuung der Anzeige etwa ± 5 %. Gewicht 5,2 kg.

Das Hauptanwendungsgebiet dieses Instrumentes auf dem Gebiete des Spannbetons ist die Kontrolle der Draht-



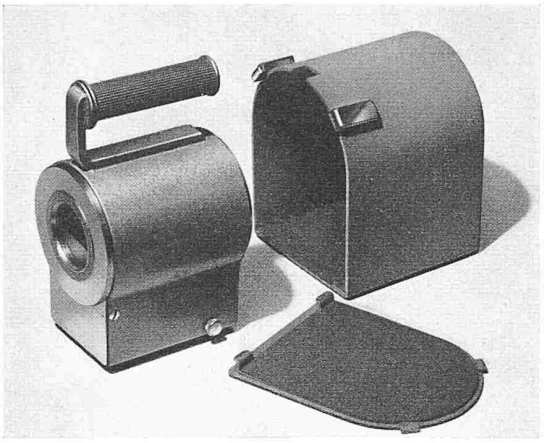


Bild 8 (links). Zug-Dynamometer 2,5 Tonnen

Bild 9 (oben). Druck-Dynamometer mit Traggehäuse für 20 bis 150 Tonnen Druckkraft mit Zentrumsloch

Bild 10 (rechts). Druck-Dynamometer, eingebaut in 100-Tonnen-Vorspanneinrichtung BBRV

spannung bei der Vorspannung von Behältern und Rohren durch Umwicklung mit Draht (siehe Abschnitt 3).

Ein anderes Gerät für die Messung der Vorspannkraft ist das Dynamometer. In der Schweiz wurden zwei ganz verschiedene Typen entwickelt. Das eine Gerät für max. 2,5 t Zugkraft (1) dient in erster Linie als Kraftmesser bei der Vorspanneinrichtung, System Stahlton, für 1 bis 2 Drähte von 3 bis 5 mm Durchmesser (s. Bild 8 und Abschnitt 4). Es handelt sich um ein Federdynamometer, das für die Zwecke des Spannbetons speziell solid (Drahtbrüche) gebaut worden ist. Genauigkeit $= \pm 1\ \%$, Gewicht 9,5 kg.

Der andere Typ (2) ist ebenfalls ein rein mechanisches Gerät, eignet sich jedoch für Kräfte bis zu 300 t und mehr und wurde für die genaue Bestimmung der Vorspannkraft in den Spanngliedern BBRV entwickelt. Das Gerät ist in Bild 9 ohne und mit Traggehäuse dargestellt. In Bild 10 erscheint es als klassisches Kraftmessgerät, eingebaut in eine Vorspanneinrichtung BBRV von 100 t, wobei die Zugspindel der Vorspanneinrichtung durch das Zentrumsloch des Dynamometers hindurchgeführt und dieses vom Pressenkolben und der Spindelmutter gedrückt wird. Die Druckkraft kann an einer Messuhr, deren Zeiger bei der Maximalkraft vier Umdrehungen von je 100 Teilstrichen ausführt, mit einer Genauigkeit von $\pm$ 1 % abgelesen werden. Die Eichkurve des Gerätes ist für Belastung und Entlastung eine Gerade, die durch den Nullpunkt (Kraft $= 0$, Ablesung an Messuhr $= 0$) des Diagrammes verläuft. Länge etwa 220 mm, Gewichte 18 bis 25 kg.

Dieses zuverlässige und einfache Kraft-Messgerät ist ein sehr wertvolles Hilfsmittel für die Spannbetontechnik. Es wird vorläufig in den auf Tabelle 2 angegebenen Grössen hergestellt. Dieses neue Dynamometer wird auch für verschiedene andere Zwecke verwendet, wie z. B. Eichen von Manometern, zum Wägen von schweren Lasten usw. Das gleiche Prinzip ist für die Kontrolle der Vorspannkraft (Bestimmung der Reibungsverluste) in einem Kabel von 125 t bei einem grossen durchlaufenden Brückenträger vorgesehen worden. Zu diesem Zwecke hat man ein Einbau-Zugdynamometer konstruiert, an welches das Spannglied beidseitig angeschraubt werden kann. Ferner wurden mit Hilfe dieses Gerätes Kriechversuche an Spanngliedern bei konstanter Länge durchgeführt.

Tabelle 2. Hauptdaten vorhandener Dynamometer nach Bild 9

Maximale Zugkraft t	20	40	60	100	150	300
Durchmesser des Zentrumsloches mm	30	45	55	55	65	*)

*) ohne Zentrumsloch

c) Bestimmung der Betonqualität

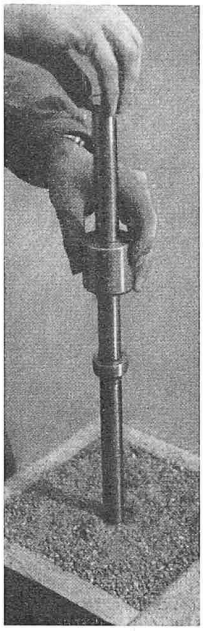
In diesem Abschnitt sollen zwei Geräte beschrieben werden, nämlich die Betonsonde (3) [5] gemäss Bild 11 und der Betonprüfhammer 2, der in den Bildern 12, 13 und 14 dargestellt ist. Mittels der Betonsonde lassen sich die folgenden wichtigen Eigenschaften von Frischbeton (Maximalkorn für das heute vorliegende Gerät 30 bis 40 mm) ermitteln: Konsistenz (Steife) eines beliebigen Betons, Kontrolle des Wassergehaltes eines bestimmten Betons, Wirkung der Vibrierung (Rüttelung) bei einem bestimmten Beton (Messung vor und nach der Vibrierung), Kontrolle der Konsistenz bei Würfelproben (Messung im Bauwerk und bei der Probe). Zur Messung der Konsistenz wird das in Bild 11 sichtbare Fallgewicht solange frei fallen gelassen, bis die Sonde 10 cm in den Beton eingedrungen ist. Die Zahl der Aufschläge ergibt ein Mass für die oben angeführten Betoneigenschaften. Gegenüber anderen bekannten Konsistenzmessgeräten hat die vorliegende Sonde den Vorteil, dass die genannten Eigenschaften des Betons direkt im Bauwerk (oder in der Würfelform) auch bei starker Eisenbewehrung einwandfrei ermittelt werden können. Gewicht des Gerätes $= 1$ kg.

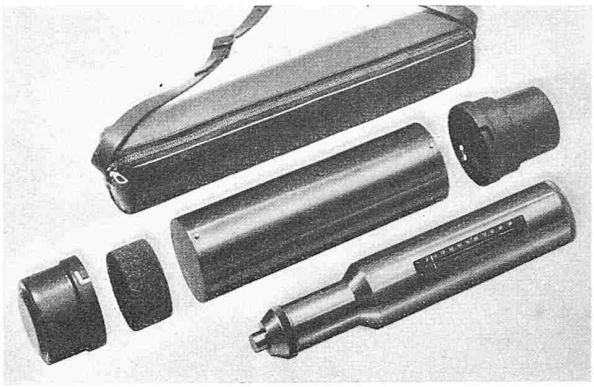
Der Betonprüfhammer dient zur zerstörungsfreien Prüfung der Qualität des Betons im fertigen Bauwerk. Beim Versuch wird die «Prellhärte» gemessen, welche von der Festigkeit des Mörtels (Beton minus grobe Kieskörner) nahe der Oberfläche abhängt. Da die Festigkeit des Mörtels im allgemeinen die Festigkeit des Betons bestimmt, kann aus der Prellhärte auf die Festigkeit des Betons geschlossen werden.

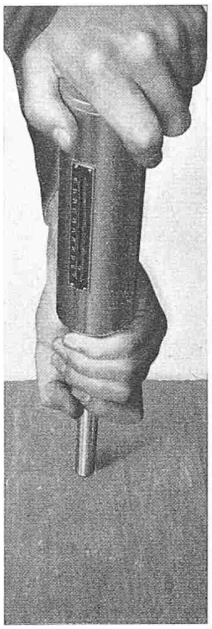
Die üblichen Probewürfel weisen gegenüber der unmittelbaren Prüfung des Bauwerksbetons den Nachteil auf, dass ihre Verdichtung und ihre Erhärtungsbedingungen von denjenigen des Bauwerkes mehr oder weniger abweichen; auch

Tabelle 3. Hauptdaten von Beton-Prüfhämmern

Typ	Anwendungsgebiete	Gewichte kg	Gehäuse-Abmessungen ⌀ m	Gehäuse-Abmessungen Länge m	Normal-Zubehör	Bild
N_2	normaler Beton	1,6	75	330	Metallgehäuse	12,13
M	Massenbeton	12,0	125	760	Lederetui	14
L	Leichtbeton und andere Leichtbaustoffe	1,3	75	310	Metallgehäuse	—







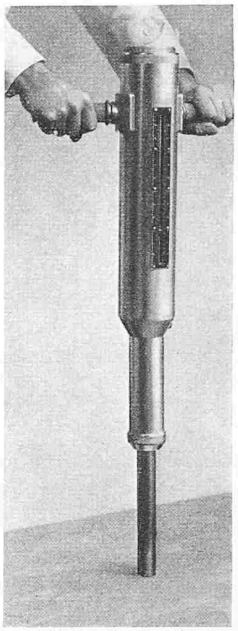


Bild 11 (links). Betonsonde

Bild 12 (oben). Betonprüfhammer Typ N2 mit Metallgehäuse, Carborundumstein und Lederetui

Bild 13 (rechts). Betonprüfhammer N2 im Gebrauch

Bild 14 (rechts aussen). Betonprüfhammer Typ M für Massenbeton

sind Unterschiede in der Zusammensetzung nicht selten. Die Anzahl der Probewürfel ist in der Regel so klein, dass sie nur als Stichproben gelten dürfen. Mit dem Prüfhammer dagegen können in kürzester Zeit alle Teile selbst eines grossen Bauwerkes untersucht werden, um die Streuung der Qualität des Betons über die verschiedenen Bauteile hinweg zu bestimmen. Da die Prüfung den Beton nicht beschädigt, kann auch die nach dem Abbinden des Zements fortschreitende Nacherhärtung genau verfolgt werden. Die Beziehung zwischen der Prellhärte und der Festigkeit des Betons ist aus einer grossen Zahl von Prüfhammer-Versuchen an Probewürfeln, welche dann in der Presse zerdrückt wurden, abgeleitet worden. Das Gerät erfreut sich grosser Beliebtheit in der ganzen Welt. Es werden drei Typen hergestellt, deren Hauptdaten in Tabelle 3 zusammengestellt sind.

2. Spezialgeräte für das Verankern, Spannen und Auspressen von Spanngliedern nach dem Verfahren BBRV

Das Spannbetonverfahren BBRV [2] ist unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass die Drähte, die die Spannglieder bilden, an ihren Enden einen gemeinsamen Ankerkörper durchlaufen und mit je einem kaltaufgestauchten Köpfchen an diesem Ankerkörper aufliegen (Bild 15). Die Spannglieder werden bei der Vorspannung von Betonkonstruktionen von Brücken-, Industrie- und Behälterbauten, ferner zur Herstellung vorfabrizierter Fertigteile, wie Träger, Platten, Eisenbahnschwellen (System Thosti/BBRV) verwendet. Auf Grund umfangreicher Studien und Versuche an hochwertigen, vorwiegend kaltgezogenen Stahldrähten von 2 bis 10 mm Durchmesser ergab sich, dass es entgegen der Meinung verschiedener Fachleute möglich ist, an den Enden solcher Drähte Köpfchen kalt aufzustauchen. Die Köpfchen lassen sich so gestalten, dass sie in der Lage sind, die volle statische Bruchlast des Drahtes aufzunehmen; damit wurde es möglich, Einzeldrähte auf einfache und sichere Weise zu verankern.

Die Bilder 16 und 17 zeigen zwei automatische Kopfstauchmaschinen (1). Davon wird diejenige von Bild 16 elektrisch angetrieben und mechanisch gesteuert. Sie dient für das Aufstauchen von Köpfchen bei Drähten von 3 bis 6 mm Durchmesser (Gewicht ca. 350 kg). Klemmbacken und Stauchhammer sind leicht einstell- und auswechselbar; sie bestehen aus Spezialstahl. Vor dem Aufstauchen müssen die Drähte genau rechtwinklig und eben in der richtigen Länge zugeschnitten werden. Dies geschieht am besten unter Verwendung einer einfachen Schneidanlage (Bild 2) und der in Bild 4 dargestellten Parallelschere.

Für den Stauchvorgang wird zunächst der Draht von Hand zwischen den Klemmbacken bis zum Stauchhammer vorgestossen, anschliessend hält — nach Betätigung des in Bild 16 ersichtlichen Bedienungshebels — die Maschine das Drahtende fest, staucht es auf und lässt es wieder frei. Auf diese Weise können praktisch pro Stunde bis 1000 Köpfchen aufgestaucht werden. Eine ähnliche Maschine für Drähte von 6 bis 10 mm Durchmesser ist in Vorbereitung. Bild 17 zeigt ein mit Benzinmotor angetriebenes, hydraulisch gesteuertes Gerät. Dieses weist ein abgetrenntes, verhältnismässig leichtes und gedrungenes Stauchwerkzeug auf, das durch eine beliebig lange Oeldruckleitung mit dem übrigen Maschinenteil verbunden ist. Diese vorwiegend auf der Baustelle verwendete Kopfstauchmaschine ist vor allem dort zweckmässig, wo für das Aufstauchen der Drahtenden wenig Platz

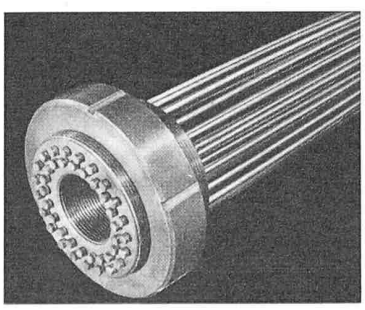


Bild 15 (links). BBRV Anker B125, bestehend aus 42 Drähten ϕ 6 mm, für 125 Tonnen Vorspannkraft

Bild 16 (rechts). Mechanische Kopfstauchmaschine BBRV für Drähte max. ϕ 6 mm mit elektrischem Antrieb

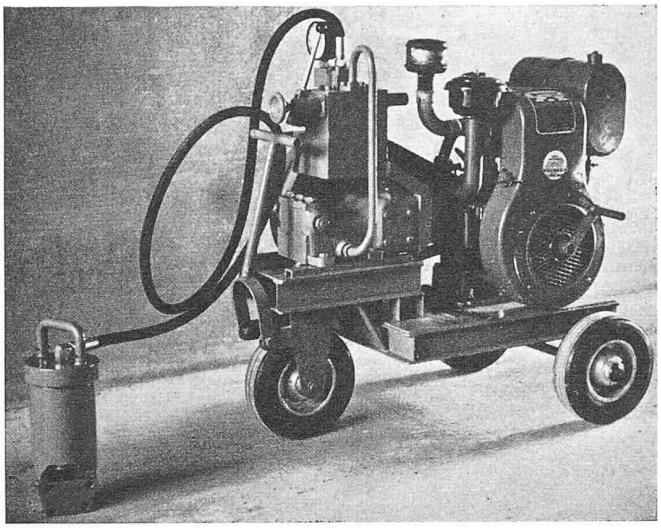


Bild 17. Hydraulische Kopfstauchmaschine BBRV mit separatem Stauchwerkzeug und Benzinmotor

vorhanden ist, so z. B. beim nachträglichen Aufstauchen eines Drahtbündels, das zunächst durch eine rohrförmige Aussparung im Bauwerk durchgestossen worden ist, wie es etwa beim Zusammenspannen von vorfabrizierten Betonteilen vorkommt. Das Gerät wird vorläufig für Drähte von bis 6 mm Durchmesser gebaut und wiegt rd. 300 kg.

Das Spannen der BBRV-Spannglieder geschieht wie folgt: Zunächst wird eine Zugspindel in den Ankerkopf (Bild 15) eingeschraubt, an dem die einzelnen Drähte mittels der aufgestauchten Köpfchen aufruhen; dann stösst man die Vorspanneinrichtung BBRV (4) mit Zentrumsloch darüber. Nachdem die Stützmutter am Ende der Spindel aufgeschraubt worden ist, wird die Vorspannpumpe betätigt. Bild 18 zeigt eine solche Einrichtung von 100 t Zugkraft (Gewicht etwa 100 kg; Maximalgewicht eines Einzelteiles 35 kg) mit angebauter Handpumpe beim Spannen von BBRV-Spanngliedern B 90. Solche Einrichtungen werden für 60, 100 und 150 t Zugkraft gebaut. Die Pressen sind für einen Oeldruck von 700 atü bemessen und so konstruiert, dass sie mit angebauter Handpumpe (Bild 18) oder mit getrennter Handpumpe oder mit getrennter Elektropumpe (Bild 19) verwendet werden können. Auf der Aussenfläche des Kolbens ist eine Millimeter-Einteilung eingraviert, die eine einfache Kontrolle des Dehnweges der Spannglieder gestattet.

Die fahrbare Elektropumpe BBRV (4) für Drucköl bis 700 atü besitzt ein unter Last schaltbares, mechanisches Vierstufengetriebe mit Druckknopf-Fernsteuerung. Sie ermöglicht das rasche und gleichmässige Spannen von gleichzeitig zwei Spanngliedern und wird vor allem bei Brückenbauten mit langen Spannwegen verwendet (Bild 19). Ihr Gewicht beträgt etwa 200 kg.

Ein wichtiges Problem der Spannbetontechnik ist das einwandfreie Auspressen (Injizieren) der Spannglieder mit einem wasserarmen Zementbrei. Nur bei Verwendung eines guten Einpress-Hilfsstoffes (z. B. des bekannten Intrusion Aid) und eines zweckmässigen Misch- und Einpressgerätes kann diese Aufgabe in zufriedenstellender Weise gelöst werden. An das Gerät sind die folgenden Bedingungen zu stellen: Gute Durchmischung des Einpressgutes, wobei 100 bis 200 U/min genügen; kontinuierlicher, nicht zu rascher Einpressvorgang; Möglichkeit der Drucksteigerung bis mindestens 10 atü; Druckkontrolle durch geschütztes Manometer; Mischer und Pumpe müssen beisammen, kräftig gebaut und fahrbar sein.

Die Bilder 20, 21 und 22 zeigen drei zweckmässige *Misch- und Einpressgeräte* (4). Das kleinste Gerät (Gewicht etwa 160 kg) mit Handmischer (Bild 20) dient für kleine Baustellen, wo nur wenig Zementbrei benötigt wird. Beim Gerät nach Bild 21 (Gewicht rd. 270 kg) ist ein kontinuierlicher Mischbetrieb durch zwei übereinander angeordnete Mischbehälter gewährleistet, die motorisch angetrieben sind. Bei dem in Bild 22 gezeigten Gerät (Gewicht etwa 310 kg) schliesslich ist auch die Pumpe motorisch angetrieben und zwar kann diese mittels Lamellenkupplung ein- und ausgeschaltet werden. Alle Geräte sind auf Gummiräder montiert und mit abnehmbarer Deichsel ausgerüstet; Behälter, Saugleitung, Pumpe und Ventile können auf einfachste Weise gereinigt werden.

3. Spezialgeräte für die Ringvorspannung von zylindrischen Behältern und Rohren nach BBRV-Verfahren

Eine der interessantesten und zweckmässigsten Anwendungen der Spannbetontechnik finden wir bei zylindrischen Behältern [4] oder Rohren aus Beton, deren Wand in tangentialer Richtung vorwiegend auf Zug beansprucht wird. Durch Verwendung der Spannbetonlösung ist es auch bei hohen Drücken möglich, eine rissefreie, elastische Behälter- oder Rohrwand zu schaffen, die im Bedarfsfalle (wie z. B. bei Benzin- und Oelbehältern) gut mit einer inneren Dichtungshaut (z. B. spezielle Anstriche) versehen werden kann. Die Umwicklung der vorbetonierten Behälterwand mittels vorgespanntem Draht ergibt dabei noch die folgenden Vorteile: 1. Geringe Wandstärke; der Beton kann infolge der geringen Bewehrung (nur Verteileisen und Vertikalarmierung) trotzdem gut eingebracht werden; 2. Gleichbleibende Wandstärke

Bild 18. Vorspanneinrichtung BBRV für 100-Tonnen-Spannglieder mit angebauter Handpumpe

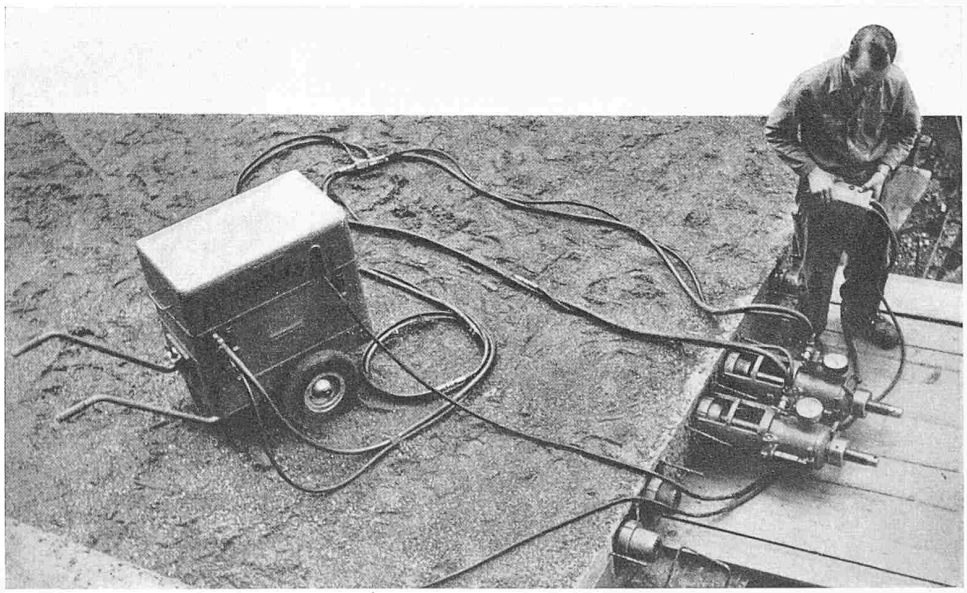


Bild 19. Elektrische Hochdruckpumpe BBRV mit unter Last schaltbarem Viergang-getriebe und Fernsteuerung beim gleichzeitigen Vorspannen von zwei Spanngliedern

Bild 20. Misch- und Injektionsgerät BBRV für Handbetrieb

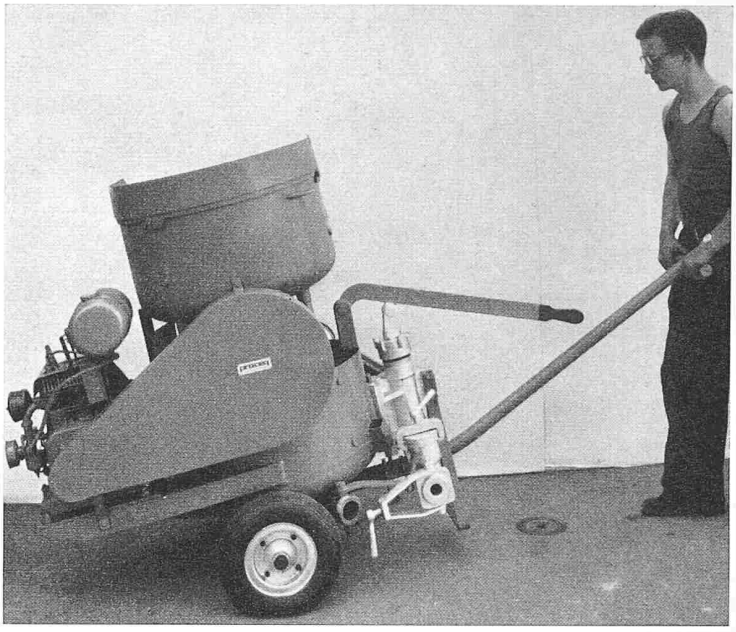


Bild 21. Doppelmischer mit Motorantrieb und Hand-Injektionspumpe

von oben bis unten; sie ermöglicht die Anwendung einer rationellen Gleitschalung; 3. Rascher Baufortschritt.

Für derartige Vorspannarbeiten wurde die in Bild 23 dargestellte Behälterwickelmaschine (1) entwickelt. Dieses auf dem Differentialprinzip arbeitende Gerät besteht aus einem auf dem oberen Behälterrand laufenden Fahrwerk, das den Antrieb (Benzin- oder Elektromotor) der Maschine enthält und den Maschinisten sowie den Drahthaspel trägt. Die vertikale Antriebswelle verbindet das Fahr- mit dem Wickelwerk; dieses enthält den besonderen Drahtspannmechanismus. Das Gerät läuft entlang einer mitaufsteigenden Reibungskette der Behälterwand entlang und umwickelt diese mit Draht von 5 mm Durchmesser (Vorspannkraft 2 t). Die Ganghöhe der Drahtwicklung kann vom Führersitz aus während der Wickelarbeit stufenlos reguliert werden.

Die Führung des Fahrwerkes kann entweder mittels der in Bild 23 gezeigten Fachwerkkonstruktion erfolgen, die die Behälterwand innen und aussen umfasst (vor allem für Behälter mit grossem Durchmesser, die nicht gedeckt sind) oder (bei gedeckten Behältern und solchen mit Kuppel) durch einen Schwenkarm (Bild 24), der in der Mitte des Behälterdaches (oder der Kuppel) befestigt wird. Das Gewicht der Maschine samt Zubehörteilen für das Vorspannen von Behältern bis 40 m Durchmesser und 20 m Höhe beträgt rund 3 t. Bis heute wurden Behälter von bis 85 m Durchmesser (Südafrika) und Silos von bis 38 m Höhe (Deutschland) mit der beschriebenen Maschine vorgespannt, wobei die senkrechte Antriebswelle bei Höhen von mehr als 8 m eine bis zwei Zwischenaufhängungen erhält. Bild 24 zeigt die Behälterwickelmaschine bei der Bewicklung von Benzinbehältern im Rheinhafen Birsfelden (Inhalt 4500 m³, Höhe und Durchmesser je 19 m, Wandstärke 18 cm).

Die Verbindung von zwei Drahtenden erfolgt durch den Maschinisten unter Verwendung der oben beschriebenen Drahtbindemaschine (Bild 6), wobei der mit diesem Gerät erzeugte Drahtstoss einwandfrei durch die Behälterwickelmaschine läuft.

Die Kontrolle der Vorspannkraft im Draht wird mit dem ebenfalls erwähnten Drahtspannungsmesser (Bild 7) durchgeführt.

Auch für das Vorspannen von Betonrohren wurde in der Schweiz eine spezielle Rohrwickelmaschine (1) entwickelt, die in Bild 25 zu sehen ist. Diese arbeitet ebenfalls auf dem Differentialprinzip. Der neueste Typ vermag Rohre von Längen bis zu 6 m und Durchmesser bis zu 2 m in senkrechter

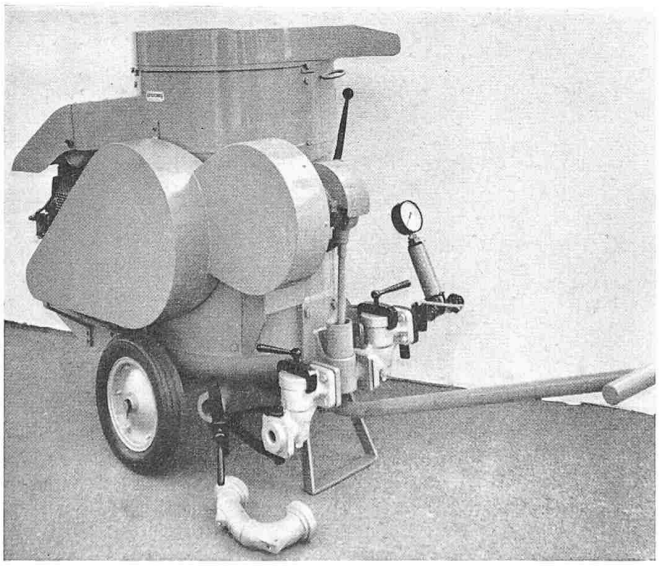


Bild 22. Doppelmischer und Pumpe BBRV mit Motorantrieb

Bild 27. Werk mit Lagerplatz der Firma Stahlton-Werk Bern AG

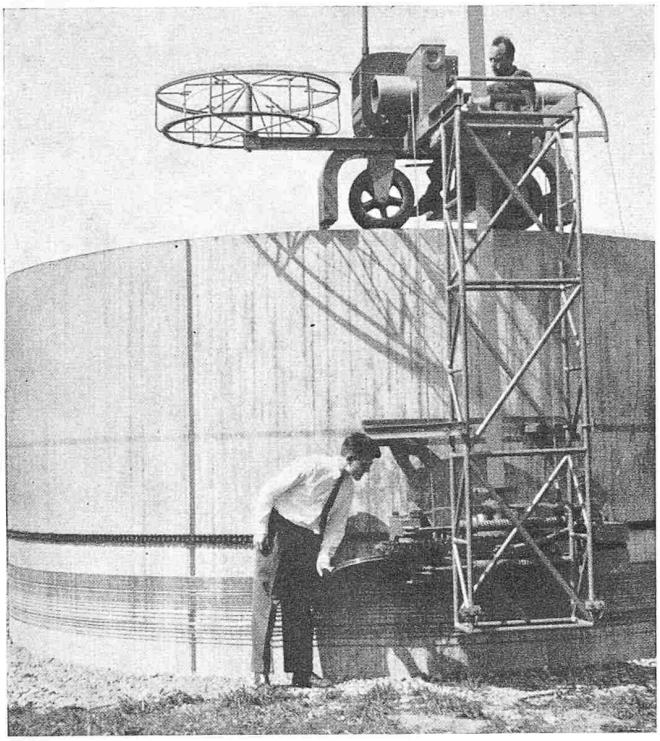


Bild 23. BBRV-Behälterwickelmaschine mit Fachwerk-Führungskonstruktion

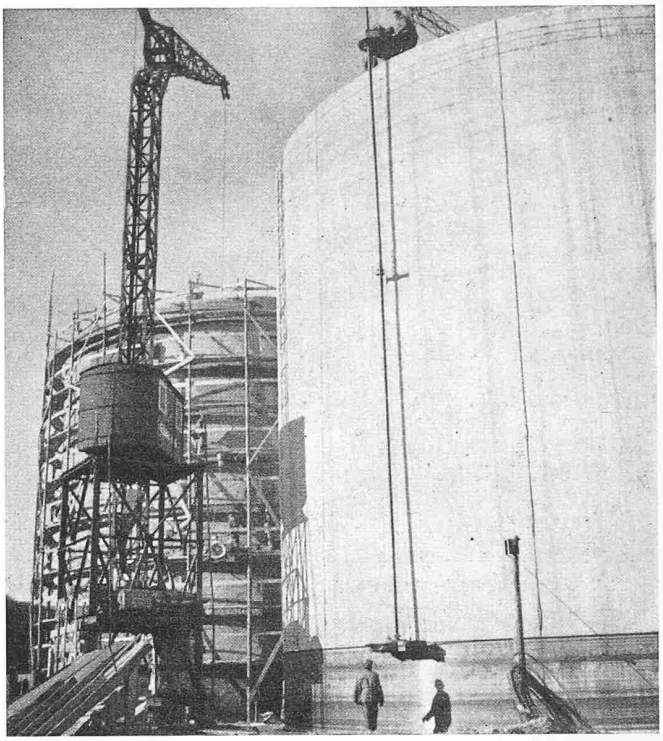


Bild 24. BBRV-Behälterwickelmaschine mit aufgehängter Antriebswelle beim Wickeln von zwei Benzin-Behältern

Lage mit gespanntem Draht 5 mm Durchmesser zu umwickeln.

Die Maschine besteht aus einem Basisrahmen, einem Rotationstisch von etwa 2 m Durchmesser, einem Reduktionsgetriebe mit den Antriebsmotoren, einem Turm von etwa 6 m Höhe mit Aufzug, der die Drahtspanneinrichtung enthält, und einer Einrichtung für die fortlaufende Kontrolle der Vorspannkraft mittels Dynamometer.

Bei der Bewicklung mit dem gespannten Draht wirkt auf das Rohr nur eine Umschnürungskraft und ein kleines Torsionsmoment, dagegen kein Biegungsmoment, da die Spannkraft des Drahtes, die etwa 2 t beträgt, von der auf dem Rohr aufliegenden Drahtspanneinrichtung aufgenommen wird. Dementsprechend ist es in der Regel nicht erforderlich, die Rohre beim Wicklungsvorgang oben zu halten (Bild 25). Die Maschine kann verhältnismässig einfach montiert und demontiert werden. Sie eignet sich damit speziell auch gut für das Vorspannen auf der Baustelle. Ihr Gewicht beträgt samt Zubehör rd. 9 t. Die Drahtbewicklung kann knapp am unteren Rohrende beginnen und praktisch am Rand des oberen Rohrendes aufhören. Die entsprechenden Anfangs- und Endverankerungen sind einfache Klemmplättchen, die zwei bis drei enggelegte Drahtspiralen umfassen. Bild 26 zeigt eine Baustelle in Südafrika, auf der bis zu 40 Rohre in einem Tag vorgespannt wurden.

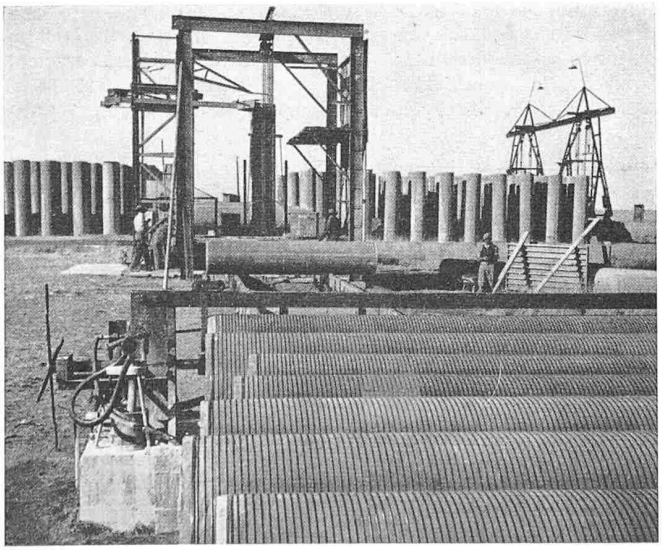


Bild 26. Vorspannen von Betonrohren auf einer Baustelle in Südafrika

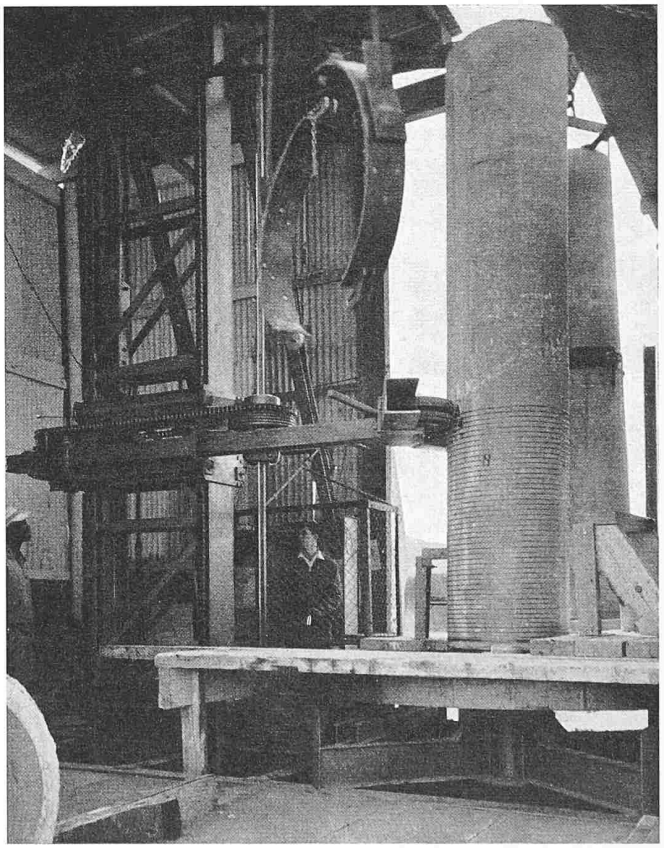


Bild 25. BBRV-Rohrwickelmaschine

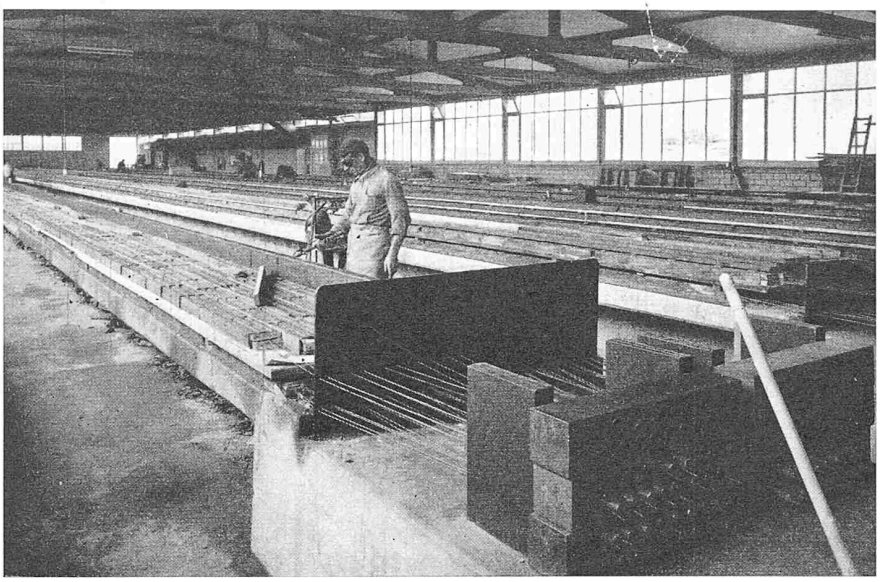


Bild 28. Ankerblöcke System Stahlton für je 30 Drähte ϕ 3 bis 5 mm

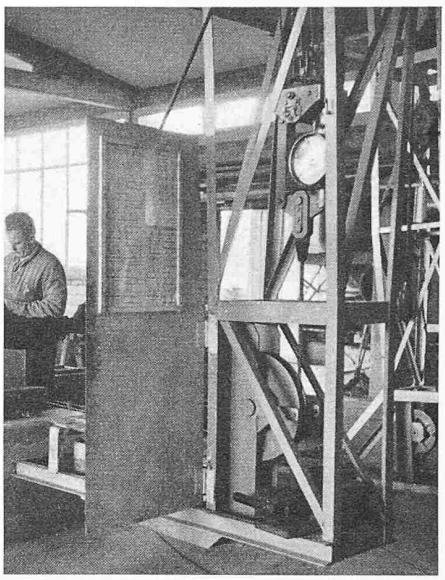


Bild 29. Vorspanneinrichtung für 2 ϕ 3 bis 5 mm

4. Spezialgeräte für das werkmässige Vorspannen von Fertigteilen nach dem Stahlton-Verfahren

Auch für die werkmässige Herstellung von Fertigteilen aus Spannbeton mit Haftverbund (d. h. mit Drähten, die keine Endverankerung aufweisen und durch reines Haften am Beton verankert sind) auf langen Bahnen oder Tischen sind in der Schweiz verschiedene interessante Geräte entwickelt worden, und zwar vor allem im Zusammenhang mit der Fabrikation der sogenannten Stahlton-Produkte (Decken- und Sturzkonstruktionen aus vorgespannten Ziegelelementen [1]). In der Schweiz stehen in Frick (Aargau) und bei Bern solche Anlagen (Bild 27), und über zwanzig weitere sind im Ausland in Betrieb oder im Bau begriffen.

Die Herstellung solcher Spannbetonfertigteile erfolgt auf langen Tischen von bis 100 m Länge und mehr. Die meist profilierten Drähte von 3 bis 5 mm Durchmesser werden am einen Ende des Tisches in speziellen absenkbaren Ankerblöcken (1) paarweise durch einen Keil befestigt und am Vorspannende des Tisches durch feste Ankerblöcke hindurchgezogen und ebenfalls paarweise gespannt. Nach der Vorspannung erfolgt die Verkeilung in den festen Ankerblöcken (Bild 28) und anschliessend das Abschneiden des Drahtes.

Die Ankerblöcke sind einfach und kräftig konstruiert und besitzen Keile und Hülsen aus hochwertigem Spezialstahl. Jeder Ankerblock fasst 30 Drähte; die Gewichte betragen etwa 65 kg beim festen und 100 kg beim absenkbaren Modell. Je nach der Anzahl Drähte, die pro Tisch verankert werden sollen, können zwei bis sechs oder auch mehr solche Ankerblöcke verwendet werden, die man aufeinanderlegt, wie Bild 28 zeigt, und die auf einbetonierten senkrechten Stahlkonsolen aufruhen. Die genaue Lage der Drähte wird durch ein auswechselbares Führungsblech, das ebenfalls in Bild 28 ersichtlich ist, gewährleistet.

Das paarweise Spannen der Drähte geschieht mit Hilfe der in Bild 29 dargestellten Drahtspanneinrichtung (4). Diese hängt oben an einer quer zu den Spanntischen verlaufenden Fahrschiene und kann leicht von einer Verankerungsstelle zur anderen verschoben werden. Die Vorspannkraft von max. $2 \cdot 2{,}5$ t wird durch einen Elektrozug mit Steuerkabel und Druckknopfschalter erzeugt. Die Drähte werden mit zwei Spannzangen nach Bild 5 gefasst, die Kraft mit dem oben beschriebenen Dynamometer (Bild 8) gemessen. Das Gewicht des Gerätes beträgt rd. 600 kg.

Für die Fabrikation der bekannten Stahlton-Bretter ist eine elektrische Heizung (4) entwickelt worden. Diese besteht aus einzelnen Heizelementen von etwa 2 m Länge, 1,4 m Breite und 0,5 m Höhe, die, wie auf Bild 30 dargestellt, gegeneinander verlegt werden, so dass sie die ganze Produktion eines Tages (ein bis zwei Tische) abdecken. Die Heizung der Tische erfolgt mit billigem Nachtstrom während vier bis sechs Stunden unter Verwendung einer einstellbaren elektrischen Schaltuhr. In einem Werk mit vier Spanntischen von je 80 m Länge und 140 cm Breite kann mit $2 \cdot 80$ m Heizelementen bei Fertigstellung von zwei Tischen zu je drei Lagen pro Arbeitstag eine Jahresproduktion von 400 000 m² Stahlton-Decke (etwa 120 000 m² Stahlton-Bretter) erreicht werden. Die installierte elektrische Leistung beträgt dabei 200 kW und der Energiebedarf je m² Decke 0,7 kWh.

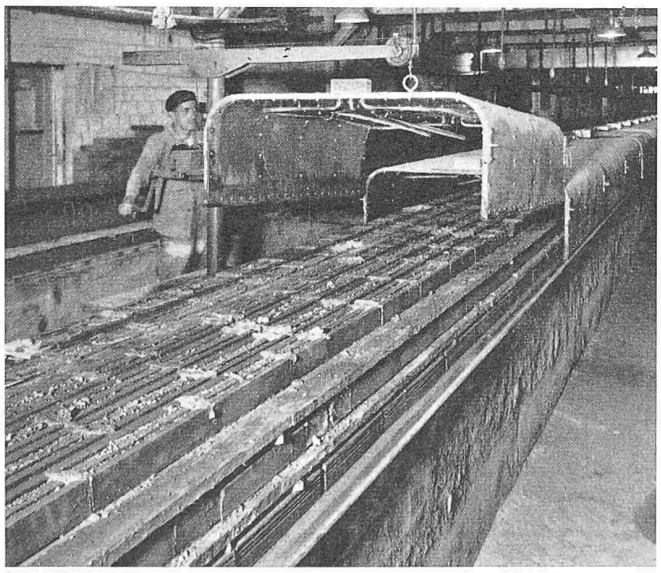


Bild 30. Elektrische Heizung für die Fabrikation von Stahlton-Produkten

Literaturverzeichnis

[1] Vorgespannte Ziegelkonstruktionen Stahlton, SBZ 1950, Nr. 11 u. 13.
[2] Zur Entwicklung des vorgespannten Betons in der Schweiz, Spannbeton-Verfahren BBRV. SBZ 1952, Nr. 8.
[3] Vorgespannte Felsanker BBRV. SBZ 1953, Nr. 47.
[4] Behälter aus vorgespanntem Beton. «Hoch- und Tiefbau» 1954, Nr. 2.
[5] Die Betonsonde, SBZ 1949, Nr. 33

Erfinder und Konstrukteure der Maschinen und Geräte:

(1) Dipl. Ing. *Kurt Vogt,* Beinwil a. See (Aargau).
(2) Dipl. Ing. *Ernst Schmidt,* Basel.
(3) Ing. Dr. Chem. *Werner Humm,* Wildegg (Aargau).
(4) *Proceq S. A., Bureau BBR,* Zürich

Die meisten der in diesem Aufsatz beschriebenen Geräte sind patentamtlich geschützt. Die sämtlichen Bilder stammen aus dem Photoarchiv der Proceq S. A. und des Bureau BBR.

Adresse des Verfassers: *A. Brandestini,* Oberdorfstrasse 8, Zürich 1.