

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65 (1947)
Heft: 21

Artikel: Die Schwellzemente und die selbstdärtige Spannung des Betons
Autor: Lossier, Henri
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-55885>

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: 22.02.2026

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

Die Schwellzemente und die selbsttätige Spannung des Betons

DK 624.012.47

Von Ing. HENRI LOSSIER, Paris

Übersetzung des französischen Originaltextes «Les ciments expansifs et l'autocontrainte du béton», vorgetragen am 1. Februar 1947 in der S. I. A.-Fachgruppe der Ingenieure für Brückenbau und Hochbau in Zürich

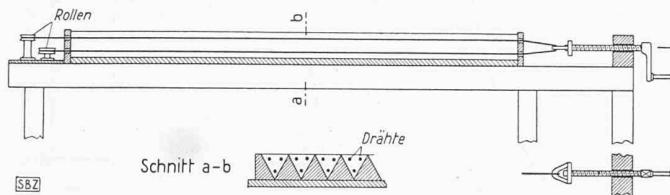


Bild 1. Herstellung von Spannbeton nach Doebring, 1888

Ein landläufiger Ausspruch sagt, es gebe nichts Neues unter der Sonne. Diese Behauptung scheint in Bezug auf die menschlichen Einfälle übertrieben zu sein. Und doch muss man bei näherer Betrachtung von gewissen Neuerungen feststellen, dass der Grundgedanke, der jeden Erfinder leitete, schon in mehr oder weniger vollendet Form einen oder mehrere Vorläufer beschäftigte, deren Versuche nur infolge von Mangel an Mitteln oder Fehlen günstiger Voraussetzungen nicht weitergeführt werden konnten. Wenn man die Entstehungsgeschichte von Erfindungen verfolgt, so empfindet man oft Mitleid mit so viel verlorener Mühe; anderseits können dabei selbst grösste Zeitgenossen Bescheidenheit lernen.

Als während des Krieges 1914/18 die Alliierten ein umfangreiches Programm für den Bau von Kanalschiffen und Schleppern aus Eisenbeton aufstellten, erschien der Gedanke manchen als äusserst neu. Und doch war das erste eigentliche Bauwerk in Eisenbeton, das man kennt, ein Schiff, das *Lambot* im Jahre 1855, also schon 60 Jahre vorher, ausgestellt hatte. Heute beschäftigt sich die Mode, die gelegentlich so gut in das Gebiet der Wissenschaft wie in das der Phantasie eindringt, mit den Problemen der *räumlichen Beanspruchung* der Baumaterialien, und man hört gelegentlich die Frage, wer eigentlich zuerst auf diese vollständige Beanspruchung gekommen sei. Die Antwort liegt auf der Hand: Der dreiaxiale Spannungszustand herrscht in der ganzen Natur vor. Die Gestirne, die Geröllsteine im Meere, mit einem Wort alle eingetauchten oder begrabenen Körper sind in diesem Zustand.

Die seit mehr als einem halben Jahrhundert durchgeführten Experimente mit spröden Materialien wie Kristall, Gusseisen, keramischen Produkten und Beton haben die bemerkenswerten Eigenschaften bezüglich Festigkeit und Dehnbarkeit gezeigt, die ihnen die konvergierende, allseitige Druckbeanspruchung erteilt. Eine Kugel, in ein unendlich tiefes Meer eingetaucht, würde wohl eine Volumenverminderung erfahren, aber unter keinem Druck brechen, sofern sie keinen Hohlräum enthält.

Die Beobachtung der natürlichen Beanspruchungen führt uns normalerweise auf die Frage der *künstlichen Vorspannung*, d. h. auf die Kunst, in einem Bauwerk Spannungen zu erzeugen, die denen, die es bei normaler Verwendung erleiden muss, entgegenwirken. Der Fischer, der in Urzeiten sein Schilfrohr mit einer Schlingpflanze kräftig umwickelte, um ihr Spalten zu verhindern, vollzog schon Vorspannung. Der Küfer, der seine Fässer bereift, der Wagner, der einen Metallreifen in warmem Zustand um ein hölzernes Rad legt, der Industrielle,

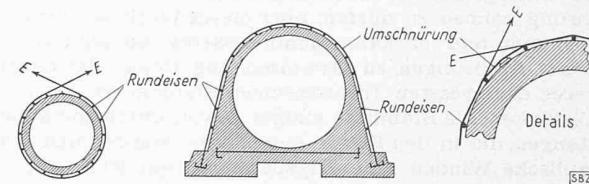


Bild 2. Rohre mit vorgespannter Umschnürung nach Emperger, 1923

der ein Kanonrohr umschnürt, sie alle spannen vor. Die alten Erbauer hölzerner Brücken, die, besonders in der Schweiz, oft bewundernswerte Kunststücke vollbrachten, setzten gelegentlich einzelne Bauelemente unter einen Anfangsdruck, um ein Spiel in den Holzverbindungen auszuschalten, und der erste Konstrukteur, der auf die Idee kam, in Gewölben aus Mauerwerk querlaufende Zugbänder einzulegen, die mittels Schraubenbolzen angezogen wurden, bewirkte dadurch schon einen räumlichen Spannungszustand.

Zeitlich schon näher — sie liegen nur ein halbes Jahrhundert zurück — sind uns die Namen von *Ritter*, *Rabut*, *Considère* und andern, die mit dem Problem der künstlichen Regelung des Kräftespiels in gewissen Bauwerken durch das Hervorrufen von Initialspannungen verbunden sind.

Eine interessante und bemerkenswerte Tatsache ist, dass die Idee der *mechanischen Vorspannung der künstlichen Baustoffe* ¹⁾, mit der man sich seit einigen Jahren viel beschäftigt, schon mehrere Jahre vor der Erfindung von *Hennebique*, die den Anfang der praktischen Verbreitung des Eisenbetons bildete, auftauchte. Im Jahre 1888 nahm ein Berliner Konstrukteur namens *Doebring* ein Patent für die Herstellung von Elementen für feuersichere Decken. Diese Elemente aus Mörtel waren mit Metalldrähten bewehrt, die, nach Angabe von Doebring selber, vor ihrem Einbetten durch starken Zug gespannt und bis nach dem Erhärten des Mörtels in diesem Zustand erhalten wurden. Diese Zugspannung wurde durch Schrauben erzeugt (Bild 1). Nachher wurden die Drähte durchschnitten und die Elemente ausgeschalt. Etwa 35 Jahre später, um 1923, ersann und führte *F. Emperger* Wasserleitungen für grossen Druck aus, wobei vorher erstellte Röhren mit mechanisch oder thermisch vorgespannten Eisenbändern umschnürt wurden. Durch eingelegte Rundseile vermied er die Reibung zwischen der Umschnürung und dem Beton, wie in Bild 2 schematisch angedeutet ist. Für die Umschnürung verwendete er gewöhnlichen Stahl, dessen Elastizitätsgrenze er durch Hämmern erhöhte. In einer im Jahre 1923 in «Beton und Eisen» erschienenen Veröffentlichung empfahl er jedoch die Verwendung eines sehr hochwertigen Stahles (Festigkeit etwa 120 kg/mm²).

¹⁾ Vgl. Vorspannung im Eisenbetonbau, SBZ Bd. 117, S. 209* (1941) mit Literaturangaben.

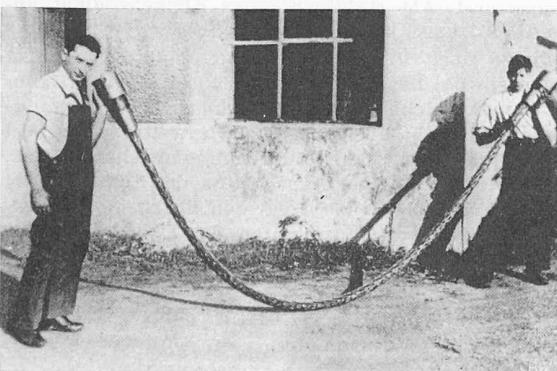


Bild 4. Vorgespanntes Kabel aus Drahtgeflecht nach Chalos

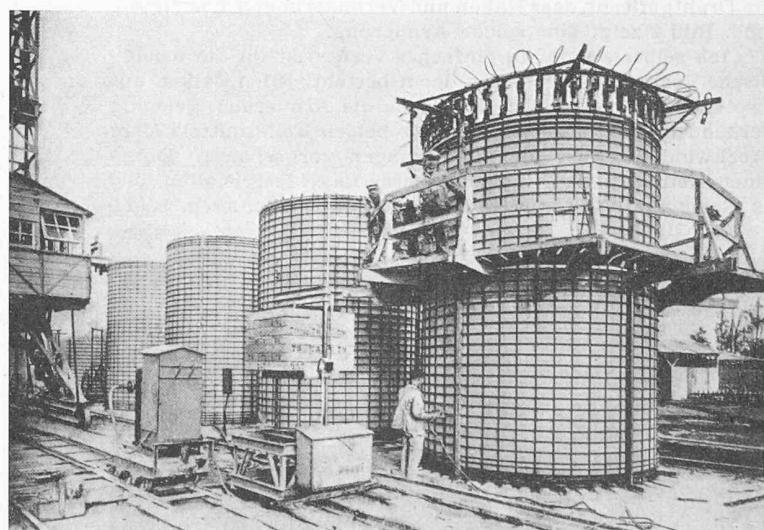


Bild 3. Rohre mit doppelter Vorspannung nach Chalos

An diesem Punkte angelangt sollte ich jetzt, wenn ich chronologisch vorgehen will und dabei einige Erfindungen von nur begrenzter Bedeutung weglassen, auf das bemerkenswerte Werk von Ing. Freyssinet zu sprechen kommen. Ich schätze mich glücklich, ihn an dieser Stelle mit der verdienten Verehrung nennen zu dürfen, aber dieses Werk ist der Fachwelt bekannt, und ich kann nichts besseres tun, als auf seine eigenen Ausführungen zu verweisen. Ing. Coyne, der Erbauer mehrerer der grössten französischen Staumauern, kam auf den Gedanken, die Stabilität einiger davon durch metallische Zugstangen, die in den Felsen eingelassen wurden und durch hydraulische Winden eine Zugspannung von 80 kg/mm^2 erhielten, zu erhöhen.

Aus dem Gebiete der Kanalisation erwähne ich die interessante Ausführung eines Siphons unter der Seine in Chatou bei Paris durch Ing. Chalos, Professor an der Ecole des Ponts et Chaussées de France, der ein von ihm ersonnenes Sonderverfahren mit doppelter Vorspannung anwendete. Wie Bild 3 zeigt, werden dabei zum Voraus erstellte Röhren verwendet, wie dies Emperger tat. Die Vorspannung in der Längsrichtung erfolgt durch in der Richtung der Erzeugenden angebrachte Bänder aus weichem Stahl, die durch Schraubenwinden gespannt werden. Die Vorspannung in der Richtung des Durchmessers wird durch Umschnürungen aus hartem Stahl erzeugt, die nicht, wie anderswo üblich, durch tangentialen Zug, sondern durch radiale Kräfte gespannt werden. Dadurch werden Gleitspannungen und das Auftreten zusätzlicher Reibungsspannungen vermieden. Der Druck der äussern Umschnürungen verhindert die Längsflacheisen daran, ihre Lage zu ändern, indem er zwischen ihnen und dem Beton Reibung erzeugt. Dies gestattet, die Stöße ohne Verankerungen zu gestalten. Eine sehr genaue Kontrolle aller Operationen erfolgt dabei mit sehr einfachen Mitteln.

Wir wollen noch, nunmehr aus dem Gebiete des Brückenbaues, die von Dischinger bevorzugte Art der Vor- oder besser gesagt «Nachspannung» erwähnen. Dischinger verlegt Hängebrückenkabel in die hohen Glieder des Bauwerkes. Diese Kabel übertragen Kräfte auf die Bauteile durch Gelenkhebel, um jegliche Reibung auszuschalten. Sie werden mittels Schraubenwinden gespannt. Da alle Teile zugänglich sind, können sie jederzeit reguliert werden, um je nach Bedarf den ungünstigen Einfluss des Schwindens und Kriechens aufzuheben. Die Betonteile sind unter der ständigen Last gleichmässig auf Druck und ohne Biegungsspannungen beansprucht. Sie erfahren auch unter dem Einfluss der Verkehrslasten nie Zugspannungen.

Wir erwähnen endlich das von Prof. Chalos erfundene System der Bewehrung mit Selbstvorspannung, deren Wirkung derjenigen eines Fahrradbremskabels gleicht. Jede Armierungsstange besteht aus einem Rohr aus Drahtgeflecht, das über einen biegsamen Kern gezogen und dabei gespannt wird, worauf es an den Enden mit diesem zusammengeschweisst wird. Diese Armierungen können für den Transport gerollt werden. Bei ihrer Verwendung werden sie in den vorzuspannenden Beton eingelegt, und nach dessen Erhärtung durch Abschneiden vom Kern gelöst. Der Beton haftet so stark am Drahtgeflecht, dass Haken und Verankerungen überflüssig sind. Bild 4 zeigt eine solche Armierung.

Ich selber wende ein einfaches Verfahren für die mechanische Vorspannung an, das darin besteht, jeden Balken aus zwei Teilen herzustellen, die durch die Armierung gelenkig verbunden sind. Durch Heben der beiden Teile mittels einer Stockwinde werden die Armierungen vorgespannt. Durch einen Keil wird das Ganze in dieser Lage festgehalten, und es bleibt nur übrig, die Armierungen einzubetonieren. Bild 5

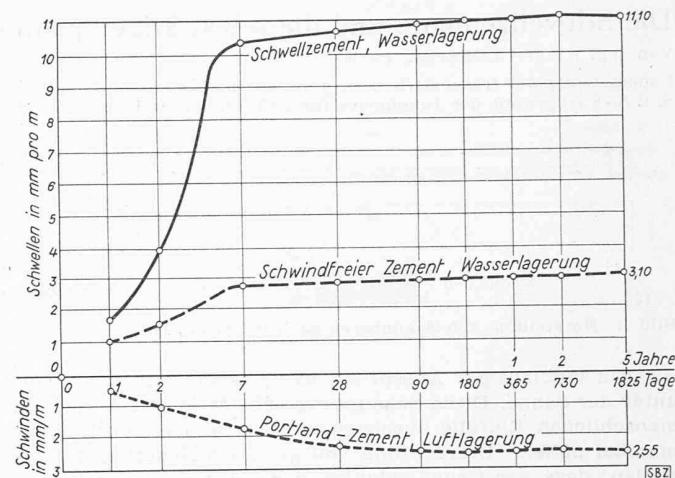


Bild 6. Verlauf von Schwellen und Schwinden in Funktion der Zeit und der Lagerungsart

zeigt das Verfahren, das weder besondere Verankerungen noch ein direktes Einwirken auf die Armierung erfordert. Das Spannen der Armierungen nimmt kaum mehr als eine Minute für jeden Balken in Anspruch.

Diese kurze einleitende Uebersicht führt uns nun mitten in unser Thema: *Die Selbstspannung des Betons*. Nachdem ich seit 1924 versucht hatte, die Verfahren Empergers anzuwenden, um eine zwei- und dreidimensionale Spannung des Betons zu bewirken, erwog ich seit 1925 ein ganz anderes Verfahren. Während die verschiedenen, seit 1880 angewandten Verfahren darin bestanden, im Beton durch äussere Kräfte Druckspannungen zu erzeugen, trachtete ich *ein Schwellen des Betons selbst nach allen Richtungen zu erzeugen und diese Schwellkraft zu benützen, sei es um die Armierung zu spannen, sei es um sie wie Schraubenwinden gegen Mauerwerk oder das Erdreich, oder auf irgend eine andere Weise wirken zu lassen*. Hatte ich Vorläufer mit dieser Idee? Ich weiss es nicht.

Diese Idee konnte jedoch nur Wert haben, wenn ein Zement zur Verfügung stand, der nicht nur, wie es bei den gewöhnlichen Bindemitteln der Fall ist, beim Erhärten schwindet, sondern, im Gegenteil, dabei eine Volumenvergrösserung erfährt. Ich wandte mich immer entschiedener den *Schwellzementen* zu. Nachdem ich unsern Meister *Henry le Châtelier* zu Rate gezogen, wandte ich mich an mehrere französische Firmen, von denen sich eine, die Firma *Poliet & Chausson*, bereit fand, sich für das Problem auf neuer Grundlage zu interessieren. Ihre Mitarbeiter *Hendricks* und *Perré*, sowie Professor *Lafuma* haben sich um die Ausarbeitung der Fabrikation und Vervollkommenung der gegenwärtigen Schwellzemente verdient gemacht.

Zusammensetzung der Schwellzemente

Das Prinzip der Herstellung dieser Zemente beruht auf der Mischung von drei bekannten Komponenten:

1. ein *Portlandzement* als Basis,
2. ein *Schwefel-Aluminium-Zement* als Schwellfaktor,
3. ein *Stabilisierungselement*, dessen geflissentlich verzögerte Wirkung das Schwellen unterbricht, indem es den wichtigsten, das Schwellen verursachenden Stoff, das Kalksulfat, absorbiert. Als stabilisierendes Element dient gewöhnlich Hochofenschlacke.

Die richtige Dosierung der drei Komponenten gestattet das Schwellen sowohl bezüglich Grösse, wie bezüglich Dauer mit einer auf einem solchen Gebiet bemerkenswerten Genauigkeit zu regeln. Es gibt übrigens, wie wir weiter unten bei der Besprechung der praktischen Anwendungen sehen werden, ein direktes Mittel, um bei der Ausführung das Schwellen zu regeln, das einfach und wirksam ist. Ich übergehe absichtlich die Sonderfragen und Einzelheiten der Fabrikation, die in das ausschliessliche Gebiet der Fabrikanten und Chemiker gehört, und was den Mechanismus des Schwellens selbst anlangt, so verweise ich auf die Theorie von Perré.

Eigenschaften der Schwellzemente

Die Hauptcharakteristik dieser Bindemittel ist, dass sie eine *Schwellung erfahren, die stabil bleibt, solange ihre Um-*

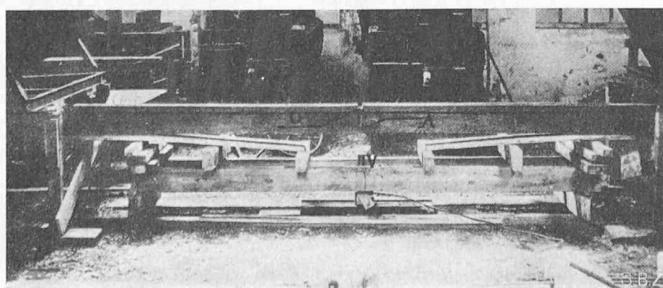


Bild 5. Vorspannen von Balken nach Lossier

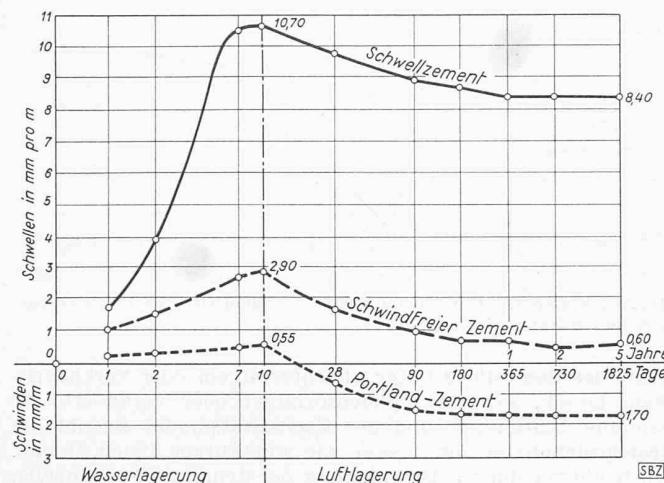


Bild 7. Schwellen und Schwinden verschiedener Zemente bei zehntägiger Wasser- und anschliessender Luftlagerung

gebung unverändert bleibt. Dieses Schwellen ist praktisch regulierbar, sowohl bezüglich Grösse, wie bezüglich Dauer.

Die Grösse der Schwellung kann für den reinen Bindemittelbrei 50 mm/m, also $\frac{1}{20}$ der ursprünglichen Längenausdehnung, erreichen. Die Dauer des Schwellens kann zwischen einem Minimum von 24 Stunden und einem Maximum von etwa 30 Tagen geregelt werden.

Um die Fabrikation zu vereinfachen, stellen wir in der Praxis hauptsächlich folgende zwei Arten her:

a) einen schwach schwelbenden, als «schwindfrei» bezeichneten Zement. Der damit angemachte reine Zementbrei zeigt ein anfängliches Schwellen von 3 bis 4 mm/m, wodurch das Schwinden, das ebenfalls von dieser Grössenordnung ist, ausgeglichen wird.

b) den eigentlichen Schwellzement, dessen Expansion bei reinem Zementbrei in der Regel 10 bis 25 mm/m beträgt.

Die Dauer des Schwellens (d. h. die Zeit, während der das Volumen in feuchter Umgebung stetig zunimmt, bis diese Zunahme, ohne dass die Umgebung verändert wird, stillsteht) wird gewöhnlich so geregelt, dass sie für die im Wasser gelagerten Probekörper aus Zementbrei 10 bis 15 Tage beträgt. Eine grössere Geschwindigkeit des Schwellens hätte den Nachteil, die Schwellkraft wirken zu lassen, bevor der Zement die nötige Festigkeit erlangt hat. Ein zu langsames Schwellen hätte anderseits eine Erschwerung der Ausführung zur Folge; denn der Beton muss während der ganzen Dauer des Vorganges feucht gehalten werden, um die das Schwellen verursachenden Reaktionen zu veranlassen.

Der Schwellprozess ist durch die Bilder 6 und 7 dargestellt. Bild 6 bezieht sich auf die Lagerung im Wasser. Die Verlängerungen sind als Ordinaten aufgetragen, die Zeit als logarithmische Abszissen. Die vollausgezogenen Kurven beziehen sich auf den eigentlichen Schwellzement, die strichpunktierten auf den «schwindfreien» Zement, und die punktierten auf einen gewöhnlichen, an der Luft gelagerten Portland. Man sieht, dass die betrachteten schwindfreien Zemente und die Schwellzemente, im Wasser gelagert, eine Ausdehnung um 3, bzw. 11 mm/m erfahren, die nach etwa 10 Tagen stillsteht; denn die Beobachtungen erstrecken sich über fünf Jahre. Zum Vergleich haben wir die Kurve für einen gewöhnlichen, an der Luft gelagerten Portland gezeichnet, der in der gleichen Zeitspanne ein Schwinden um 2,5 mm erfährt.

Bild 7 zeigt, dass die Probekörper, wenn sie nach einer Wasserlagerung von acht Tagen an der Luft aufbewahrt werden, ein normales Schwinden erfahren, das die Schwellung entsprechend vermindert. So haben sich beim sog. schwindfreien Zement die beiden Vorgänge praktisch auf, wäh-

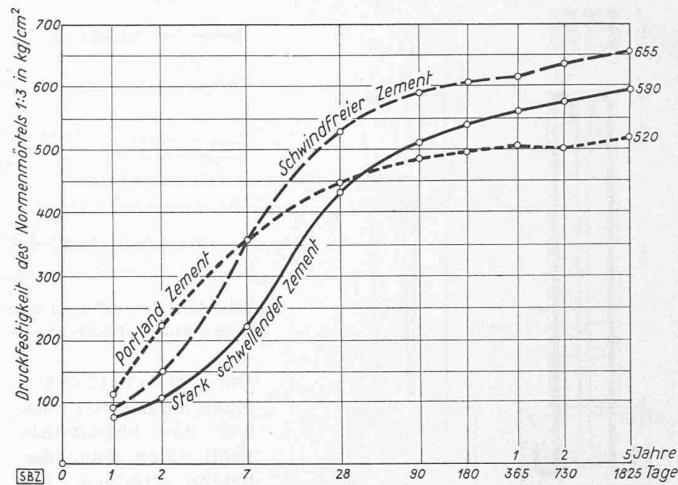


Bild 9. Druckfestigkeit von Normenmörtel aus verschiedenen Zementen in Funktion der Zeit

rend beim eigentlichen Schwellzement die Expansion zwischen 8 und 9 mm/m stillsteht.

Die Grösse der Expansion nimmt bei Beton natürlich entsprechend der Schwellzementmenge in der Betonmischung zu oder ab. Wenn wir die Expansion des Bindemittelbreies als Einheit annehmen, so erhalten wir in der Regel Expansionen der folgenden Ordnung:

- 0,90 für Beton mit 1000 kg Zement pro m^3
- 0,70 für Beton mit 800 kg Zement pro m^3
- 0,45 für Beton mit 600 kg Zement pro m^3
- 0,20 für Beton mit 400 kg Zement pro m^3
- 0,10 für Beton mit 250 kg Zement pro m^3

Diese Verhältnisse ändern übrigens mit der Zementqualität.

Bild 8 zeigt den Verlauf der Kurve, die diese Beziehungen darstellt. Wenn der Beton das Schwellen unter dem Einfluss von Druck vollzieht, so erfährt er plastische Formänderungen, die, wie wir weiter unten sehen werden, die Grösse des Vorganges vermindern.

Bild 9, in dem die Druckfestigkeiten des Normenmörtels als Ordinaten und die Zeit als logarithmische Abszissen aufgetragen sind, zeigt, dass jene bei den Schwellzementen während des Schwellens gegenüber dem Portlandzement zurückbleiben, aber nachher die Druckfestigkeit des Zementes, der ihre Basis bildet, erreichen und schliesslich übersteigen.

Die *Undurchlässigkeit* ist bei gleichem Mischungsverhältnis ausgesprochen grösser als bei andern Zementen, was auch für gewöhnliche Bauten ein Vorteil ist, insbesondere mit Rücksicht auf den Schutz der Eisenarmierungen und auf die Wetterbeständigkeit.

Bei der Verwendung sind jedoch zwei Vorsichtsmassregeln zu beobachten: 1. Die Schwellzemente sind für schädliche Lufteinflüsse empfindlicher als gewöhnliche Zemente. Sie werden daher in der Regel in Säcken mit einer Lage geteerten Papiers geliefert. 2. Da sie einen Ueberschuss an SO_3 enthalten, sind sie auch empfindlicher gegenüber zufällig vorhandenen Sulfaten. Sand und Kies, die für Mörtel und Beton verwendet werden, dürfen keine solchen enthalten. Endlich ist noch zu bemerken, dass die Widerstandsfähigkeit der heutigen Schwellzemente gegenüber der Einwirkung des Meerwassers oder schwefliger Wässer noch nicht offiziell anerkannt ist. Eine starke Erhöhung der Temperatur durch Dampf oder warmes Wasser bei Beginn des Schwellens bewirkt eine Verminderung der Grösse des Vorganges bei gleichzeitiger Erhöhung der Anfangsfestigkeiten. Die Kälte hat weniger Einfluss.

Erste Versuche mit Schwellzementen

Unsere ersten Versuche waren hauptsächlich solche über das Prinzip und zur Demonstration, von denen wir folgende erwähnen wollen.

a) Zwei Prismen mit einem Querschnitt von 15/20 cm wurden unsymmetrisch amputiert und aneinander gelegt (Bild 10). Die Armierung im äusseren Teil des Querschnittes bestand aus drei Stangen von 22 mm Durchmesser, die des inneren Teiles aus drei solchen von 6 mm Durchmesser. Unter der Einwirkung der Schwellkraft des zu ihrer Herstellung verwendeten Zementes bogen sich die beiden Prismen nach aussen.

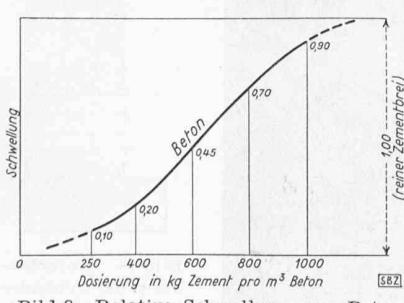


Bild 8. Relative Schwellung von Beton in Funktion seiner Dosierung

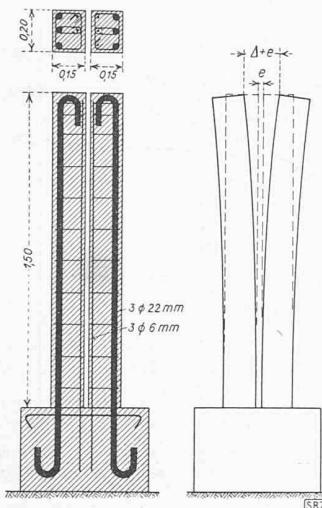


Bild 10. Zwei Versuchsprismen auf gemeinsamem Fundament, links frisch betoniert, rechts später

ungseinflüssen ausgesetzt worden waren, hatte der Abstand der Prismen nur um etwa 15 % zugenommen.

b) Ein kleines *Gewölbe* von 0,04 m Stärke, 1,50 m Spannweite und 0,075 m Pfeil, d. h. $1/20$ der Spannweite, wurde in Schwellzement mit mittlerem Schwellen erstellt. Dieses Gewölbe hob sich gleich am ersten Tag vom Lehrbogen ab und zeigte im Scheitel eine Hebung um 19 mm ohne eine Spur von Rissen. Diese Hebung beträgt $1/4$ des ursprünglichen Pfeiles. Auf einen Bogen von z. B. 100 m Spannweite umgerechnet würde, gleiche Form vorausgesetzt, die automatische Hebung des Scheitels etwa 1,25 m betragen. Es versteht sich von selbst, dass es sich hier um Demonstrationsexperimente handelt, und dass wir in der Praxis viel gemässiger vorgehen.

c) Ein *Deckenelement* bestand aus einer Schwellbetonplatte auf zwei Christin-Unterzügen von 3,50 m Spannweite (Bild 11). Infolge der Wirkung des Schwellens hob sich die Decke gleich am ersten Tag und erhielt in der Mitte einen Pfeil von 2 mm. Nach fünf Tagen Feuchthaltung betrug dieser Pfeil über 8 mm. Bei der Belastungsprobe war eine Last von 1040 kg/m² erforderlich, um die untern Flächen wieder horizontal werden zu lassen.

Geräte zur Prüfung der Schwellzemente

Neben den gewöhnlichen, für alle Zemente gebräuchlichen Apparaten verwenden wir noch zwei besondere Typen.

Der erste, von *Faury* erdacht, dient zur Bestimmung der *Schwellenergie* (Bild 12). Er besteht aus einer steifen Basis A, einer vertikalen Säule B und einem horizontalen Hebelarm E, der durch ein Gelenk an der Säule befestigt und an seinem freien Ende mit einem Dynamometer G verbunden ist. Die prismatischen Probekörper F von 10/10 cm Querschnitt und 1 m Länge werden in einen Behälter C gestellt, der mit Wasser gefüllt werden kann. Sie sind oben und unten mit Gelenken versehen, um die Kräfte zu konzentrieren. Zwei Dehnungsmesser D gestatten die Verlängerung der Versuchskörper zu messen. Mit diesem Apparat lässt sich die

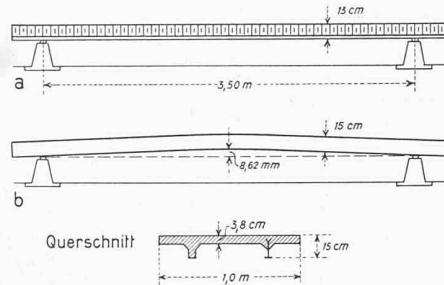


Bild 11. Versuche an einem Decken-Element. a Christinarmierung vor dem Betonieren, b Verformung durch die Dehnung des Schwellbetons

Ihr Abstand am oberen Ende, doppelt so gross, wie der horizontale Pfeil eines jeden der beiden Prismen, betrug etwa 15 mm nach zwei Wochen. Nachdem sie mehr als vier Jahre im Freien der Luft und den Witterungseinflüssen ausgesetzt worden waren, hatte der Abstand der Prismen nur um etwa 15 % zugenommen.

Kraft des Schwellens unter gleichförmigem oder veränderlichem Druck, sowie bei gleichförmiger oder veränderlicher Dehnung bestimmen und der Elastizitätsmodul sowohl bei Beanspruchungen von langer wie von kurzer Dauer finden. Wir benutzen ihn zur Bestimmung der dynamisch-expansiven Kurve, von der bei der Berechnung die Rede sein wird.

Der zweite dieser Apparate (Bild 13) dient zur *Regulierung der Gewölbe und der Bogen mit Zugband*. Er besteht aus einem festen und einem beweglichen Widerlager. Diese beiden Widerlager sind durch Zugbänder von veränderbarer Länge verbunden, die mit Dynamometern und Messinstrumenten versehen sind. Auf dem Bilde sieht man ein Bogenmodell von 12 m Spannweite, an dem eben Versuche durchgeführt werden. Wird der Widerlagerabstand festgehalten, so hat man den Fall eines Bogens auf festen Widerlagern. Lässt man ihn sich verändern, so erhält man die verschiedenen Fälle von Bögen mit Zugband oder auf elastischen, bzw. plastischen Stützen oder von Bogenstellungen.

Anwendungen der Schwellzemente

Unsere ersten Studien betreffend die Schwellzemente reichen schon etwa zwölf Jahre zurück, Jahre, die dazu verwendet wurden, sowohl ihre Herstellung zu vervollkommen, als auch uns der Unveränderlichkeit ihrer Charakteristiken mit der Zeit zu versichern. Auf dem Gebiet der Zemente, mehr noch als auf allen andern, darf ein Ergebnis erst als wirklich erreicht betrachtet werden, wenn es durch Beobachtungen während einer genügend langen Zeit bestätigt ist. Die Anwendungen der Schwellzemente, die besonders bei der Société Nationale des Chemins de fer Français sehr zahlreich sind, können mannigfaltiger Art sein. Einige davon, die zu den typischsten gehören, die wir ausführten, werden nun beschrieben.

a) Fundationen durch Unterfangen

Bild 14 stellt die Anordnung für die Unterfangung einer Mauer des Kolonialministeriums in Paris dar. Ueber jeden mit gewöhnlichem Beton ausbetonierten Schacht wurde ein Kopf von 1 m Höhe aus Schwellbeton aufgesetzt. Die Befestigungslöcher A, B und C von 30 mm Durchmesser, die in Abständen von je 20 cm durch Stahlstäbe ausgespart wurden, und die man im Augenblitke des Abbindens herauszog, standen mit einer Wasserfläche in Verbindung, die durch einen

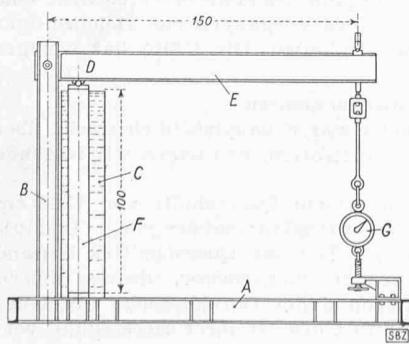


Bild 12. Apparat von Faury (Legende im Text)

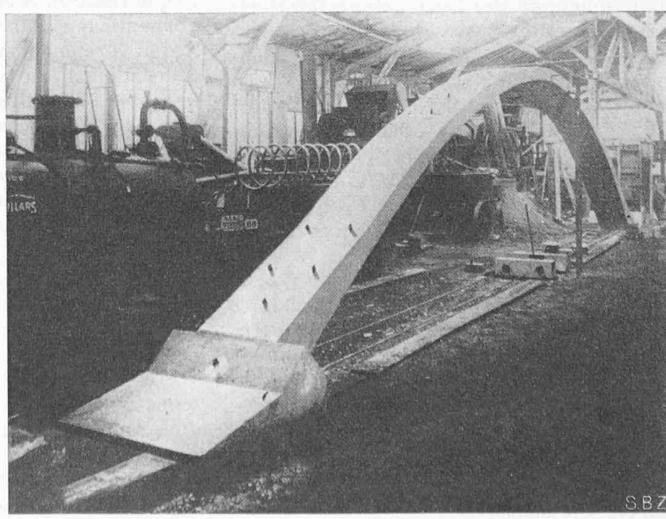


Bild 13. Versuche am Gewölbe mit Zugband

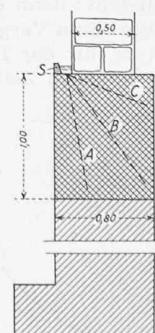


Bild 14. Unterfangung des Gebäudes für das Kolonialministerium, Paris

Randwulst S aus Gips erhalten wurde. Durch die Expansivkraft wurde die Belastung der Schächte unter der Mauer ohne Winden bewerkstelligt.

Zur Unterfangung einer Mauer eines historischen Gebäudes, des Rihour-Palastes in Lille, dessen Fundationen Schwächezeichen zeigten, war der «Mega»-Pfahl der Firma Franki gewählt worden, der aus im Voraus erstellten Eisenbetonlementen besteht, die an Ort und Stelle vereinigt werden. Sie werden mit Hilfe von Schraubenwinden versenkt. Heikel war dabei das Problem, wie man dem Pfahl die Last der Mauer und einen vollkommenen Kontakt mit dieser vermitteln sollte.

(Schluss folgt)

MITTEILUNGEN

Die neue Dreizylinder-Compound-Lokomotive der S. N. C. F.

Die Société Nationale des Chemins de Fer Français hat im April 1946 eine sehr leistungsfähige Lokomotive (Bezeichnung 242-A-1) in Betrieb genommen, die durch Umbau einer ähnlichen Lokomotive (241.101), Baujahr 1932, entstanden ist. Der Rahmen wurde verstärkt, die hintere Bisselachse erhielt eine zweite Achse. An Stelle des Blasrohrs trat eine dreifache «Kylchap»-Blasvorrichtung, die die Kesselleistung sehr beträchtlich zu steigern erlaubt. Der Kesseldruck blieb mit 20 atu unverändert. Die kupferne Feuerbüchse ersetzte man durch eine stählerne und baute in den Kessel zwei «Nicholson»-Siphons ein, um die Wasserumwälzung zu beschleunigen und damit den Wärmeübergang zu verbessern. Ein neuer Ueberhitzer gestattet Dampftemperaturen bis 420°C. Der neue mechanische Unterschub-Rost, Typ H. T., ging aus den Werkstätten der Société Stein et Roubaix hervor und hat sich auf anderen Lokomotiven gut bewährt. Der Hochdruck-Zylinder von 600 mm Durchmesser und 720 mm Hub arbeitet auf die vorderste der vier Triebadachsen, die aus fünf Stahlteilen zusammengesetzt ist und dank der einfachen Kröpfung sehr kräftig konstruiert und zugleich mit grossen Lagerflächen versehen werden konnte. Zu seiner Steuerung dienen zwei parallele Kolbenschieber von je 200 mm Ø. Die beiden aussenliegenden Niederdruckzylinder haben 680 mm Bohrung und 760 mm Hub; sie werden durch je einen Kolbenschieber von 380 mm Ø gesteuert. Zum Anfahren kann durch einen dem Hauptregler nachgeschalteten Hilfsregler Frischdampf direkt dem Receiver zugeführt werden. Um ferner das Manövrieren in den Depots zu erleichtern, lässt beim Öffnen des Hauptreglers ein automatisches Anfahrventil Frischdampf in den Receiver übertragen, dessen Druck auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ des Druckes vor dem HD-Zylinder abgedrosselt ist. Die bisher durchgeföhrten Versuchsfahrten haben erkennen lassen, dass grössere Leistungen bei eher günstigerem spezifischem Brennstoffverbrauch erreicht werden als mit der Vergleichslokomotive Klasse 141.P-1, die bisher als die Maschine mit bestem Wirkungsgrad gegolten hat¹⁾. Ing. Henry Martin beschreibt in «Le Génie Civil» vom 1. Mai 1947 diesen interessanten Umbau, der von Ing. M. Chapelon geleitet wurde, und gibt auch dort Versuchsergebnisse bekannt. Bemerkenswert sind die Bemühungen der S. N. C. F., die Wirtschaftlichkeit der Dampflokomotiven

¹⁾ S. 65. Jg., S. 171*.

mit dem klassischen Triebwerk zu verbessern. Daneben wird die Elektrifikation planmäßig gefördert, s. SBZ Bd. 127, S. 165.

Karten-Ausstellung in St. Gallen. Der Umstand, dass hundert Jahre nach der Erstausgabe der Eschmann'schen Karte der Kantone St. Gallen und Appenzell (s. S. 234 lfd. Jgs.) nochmals von den originalen Lithographenplatten Handabzüge erstellt werden, hat das Kantonale Vermessungsamt und die Leitung des Historischen Museums veranlasst, im Saal II des selben eine Ausstellung des genannten Werkes zu veranstalten. Bei dieser Gelegenheit gelangen ausserdem ältere Karten und Pläne der Ostschweiz (Drucke und Handzeichnungen) zur Schau, die ein Bild von der Entwicklung der topographischen Darstellung vermitteln sollen und wozu weitere Materialien aus den Archiven des Kantons, des Stiftes und der ortsbürgerlichen Verwaltung, sowie Leihgaben von Privaten beigebracht werden konnten. Diese Ausstellung dauert vom 18. Mai bis 29. Juni; sie ist geöffnet werktags 9 bis 12 h und 13.30 bis 17 h, samstags bis 16 h, sonntags 10 bis 12 und 13.30 bis 15 h, montags geschlossen. Für Führungen wende man sich an einen der genannten Veranstalter.

Neuzeitliches Schulzimmer-Mobiliar. Die Schulwarte in Bern, Helvetiaplatz 2, zeigt noch bis am 31. Mai eine interessante Ausstellung zu diesem Thema.

WETTBEWERBE

Primarschulhaus «Im Sydefädeli» in Zürich-Wipkingen (65. Jg., S. 234). Da sich kein Entwurf ohne wesentliche Änderungen als Grundlage für die Ausführung eignet, hat der Stadtrat auf Antrag des Preisgerichts beschlossen, die Verfasser der vier höchstklassierten Entwürfe (F. Bärlocher, R. Barro, W. Wüest, J. Strasser) zur nochmaligen Bearbeitung der Aufgabe einzuladen. Eine Veröffentlichung dieser Entwürfe ist vorläufig nicht möglich, weil sie uns nicht zur Verfügung gestellt werden können.

LITERATUR

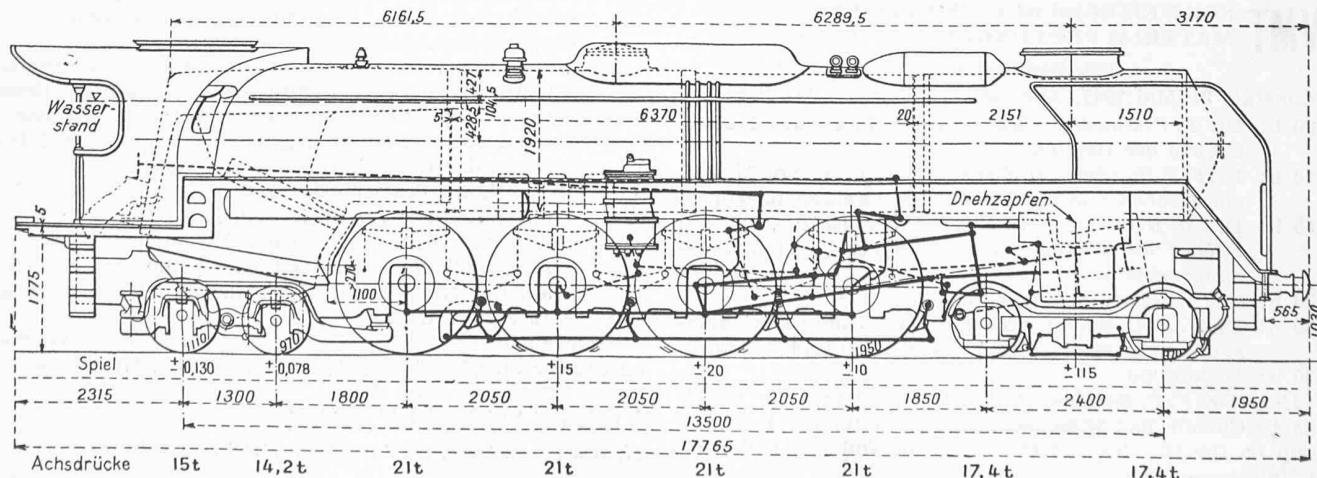
Mathematische Formelsammlung für Praxis und Studium. Von R. F. Kundert. 136 Seiten mit 43 Abb. Bern 1946, Verlag Hallwag. Preis geb. Fr. 5,80.

Die gute und sehr übersichtliche Formelsammlung unterscheidet sich von den üblichen Sammlungen dadurch, dass Beispiele eingeflochten sind, so dass der Benutzer des Buches nicht nur Vergleichsmöglichkeiten, sondern auch eine grössere Sicherheit erhält. Behandelt werden die Potenzen, Wurzeln, Logarithmen, imaginäre und komplexe Zahlen, Kombinationslehre, Gleichungen ersten bis vierten Grades, Reihen, Trigonometrie, Differential- und Integralrechnung, Differentialgleichungen, Vektorrechnung. Nomogramme für die Gleichungen zweiten und dritten Grades ermöglichen ein sehr schnelles Ermitteln der Wurzeln. Das Buch kann nicht nur allen Studenten, sondern auch den in der Praxis stehenden Ingenieuren bestens empfohlen werden.

C. F. Kollbrunner

Für den Textteil verantwortliche Redaktion:

Dipl. Ing. W. JEGHER, Dipl. Masch.-Ing. A. OSTERTAG
Zürich, Dianastr. 5. Tel. 23 45 07



Dreizylinder-Compound-Lokomotive 2-D-2 der S. N. C. F.; Höchstleistung 4200 PS, Höchstgeschwindigkeit 115 km/h. Maßstab 1:100