

Der vorgespannte Beton

Autor(en): **P.L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **12-13 (1944-1945)**

Heft 8

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153193>

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.

CEMENTBULLETIN

AUGUST 1944

JAHRGANG 12

NUMMER 8

Der vorgespannte Beton

Einige Betrachtungen über seinen heutigen Stand
und seine Entwicklungsmöglichkeiten

1. **Charakteristik und Vorzüge des vorgespannten Betons.**
2. **Heutiger Stand und Erkenntnisse:**
 - a) **Material- und versuchstechnische Ergebnisse.**
 - b) **Theoretische Grundlagen.**
 - c) **Realisierungen.**
3. **Forderungen technisch-konstruktiver und wirtschaftlicher Art.**
4. **Ausblick und Schlussfolgerungen.**

Der kriegsbedingte Aufschwung des vorgespannten Betons, sowie seine grosse Aktualität wecken die besondere Aufmerksamkeit der Fachwelt. Seit den ersten gescheiterten Versuchen von Koenen und Lund im Jahre 1906 ist ein weiter Weg zurückgelegt worden. Nach einer langen Zeit des Stillstandes nahm Freyssinet das Problem auf neuer Basis in Angriff. Ihm gebührt das Verdienst, erstmalig das Kriechen klar erfasst und die konstruktiven Grundlagen geschaffen zu haben, von denen aus sich der vorgespannte Beton in aufsteigender Linie entwickelt hat mit dem Resultat, dass heute bereits eine erstaunliche Mannigfaltigkeit von Anwendungsmöglichkeiten vorliegt, die keineswegs abgeschlossen ist.

Die folgenden Betrachtungen sollen in knapper Form die wichtigsten Erkenntnisse festhalten.

1. Charakteristik und Vorzüge des vorgespannten Betons.

Der vorgespannte Beton ist ein «neues Material» mit neuen statischen Eigenschaften. Er entstand aus der Idee, die mangelhafte Zugfestigkeit des Betons durch Anbringen einer künstlichen Druck-

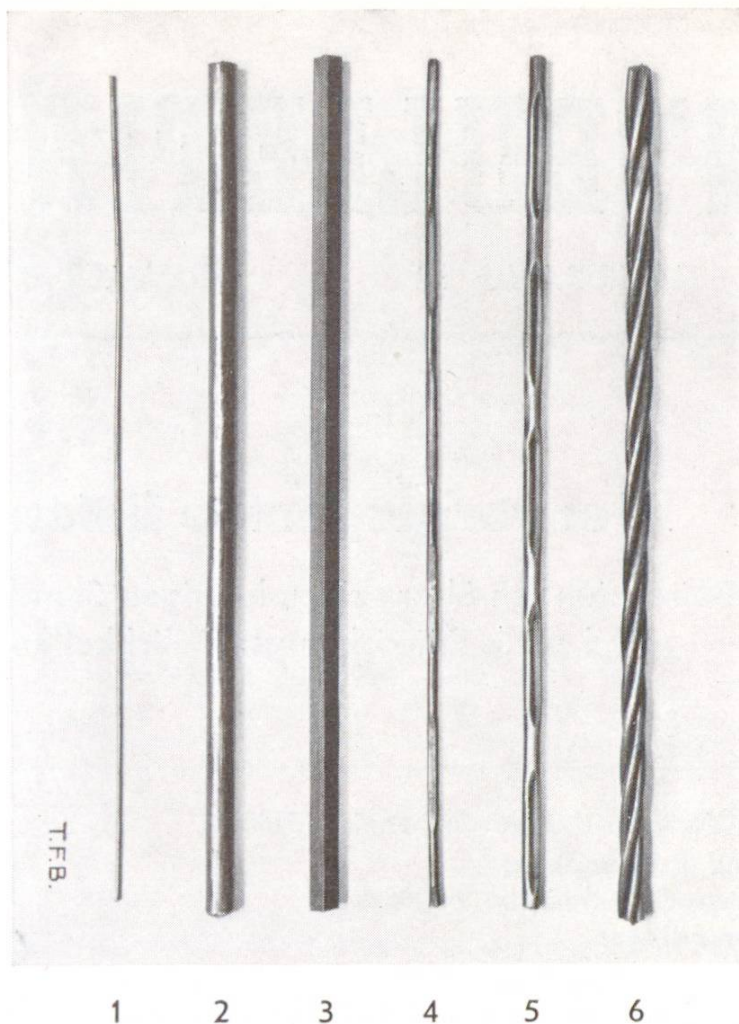


Abb. 1

Stahldrahtarmierungen für vorgespannten Beton

1. Klaviersaitendraht
1.5 mm \varnothing , Zugfestigkeit
> 250 kg/mm²
2. Pat. Stahldraht, 7 mm \varnothing ,
von hoher Streckgrenze
(Fabr. Tréf. Réun. Bienne)
3. Vierkantstahldraht
5 x 5 mm (Fabr. Tréf. Réun.
Bienne)
4. Spezialdraht, 2.5 mm \varnothing ,
mit eingewalzten Abplattungen zur Verbesserung
der Haftung im Beton.
Zerreissfestigkeit ~ 200
kg/m² (Pat. Voco, Reinach)
5. Spezialdraht, 4 mm \varnothing .
Zerreissfestigkeit ~ 160
kg/mm²
6. Stahldrahtlitze
4 \varnothing 2.6 mm, Zugfestigkeit
des Drahtes 160 \div 180
kg/mm² (+ Pat. Nr. 227 755,
Ing. A. Keller)

kraft so zu kompensieren, dass sein Arbeitsgebiet ausschliesslich in dasjenige der Druckspannungen verlagert wird, wofür der Beton wegen seiner Druckfestigkeit geradezu prädestiniert ist. Der Betonquerschnitt wird «druckhomogen» und kann, im Gegensatz zum gewöhnlichen Eisenbeton, **voll** ausgenützt werden, da er jetzt gleich gut auf **Zug** wie auf **Druck** reagiert. Als Folge der Navier-Bernoulli'schen Hypothese und des Hooke'schen Gesetzes gilt das Superpositionsgesetz für die verschiedenen Belastungszustände infolge Vorspannung, Eigengewicht und Nutzlast. Die Hauptaufgabe der Armierungen besteht im Vorspannen des Betons; sie nehmen nur unwesentlichen Anteil an der Lastaufnahme dank der künstlich erzeugten Druckreserve im Betonquerschnitt (Stadium 1)^{1, 2}.

Von besonderer Wichtigkeit ist die genaue Berücksichtigung des Schwindens und Kriechens, da beide Erscheinungen einen nicht unwesentlichen Teil der Vorspannung annullieren.

Die Hauptvorteile des vorgespannten Betons sind:

Die **Rissfreiheit** (besonders günstig bei dynamisch beanspruchten Konstruktionen und solchen, die ein erhöhtes Mass an Dichtigkeit erfordern).

3 Die **Gewichtersparnis**. Diese hat eine bis in die Fundamente sich fortpflanzende, wirtschaftlich günstige Wirkung, die erlaubt, besonders elegante Konstruktionen mit erstaunlich **gedrungenen Nutzhöhen** zu projektieren (u. a. Platten- und Balkenbrücken).

Die **Eisenersparnis**. Diese ist besonders in der heutigen Zeit willkommen.

2. Heutiger Stand und Erkenntnisse.

a) Material- und versuchstechnische Ergebnisse.

Aus den zahlreichen Untersuchungen in Laboratorien und Versuchsanstalten (u. a.: Schinznacher Versuche unter Prof. Dr. M. Ritter³, Versuche in Lausanne unter Prof. Bolomey⁴, EMPA-Versuche unter Prof. Dr. M. Ros) haben sich folgende Erkenntnisse und Forderungen herauskristallisiert:

Beton: Zum Zwecke der Erhöhung der zulässigen Spannungen und der Herabsetzung des Kriechens kommt nur **höchstqualifizierter** Beton in Frage (sorgfältige granulometrische Zusammensetzung, genaue Dosierung des Zement/Wasser-Faktors, Vibrierung des Betons, hochwertige Zemente, etc.; das Kriechen hängt überdies noch vom Alter des Betons beim Anbringen der Vorspannung und von der Grösse derselben ab).

Eisen: Diese sollen hochwertig und, in Abhängigkeit ihrer Streckgrenze und Zugfestigkeit, möglichst hoch vorgespannt werden. Ausschlaggebend fallen Haftung und Verankerung der Eisen im Beton ins Gewicht, da ein Gleiten der Drähte oder der Veranke-

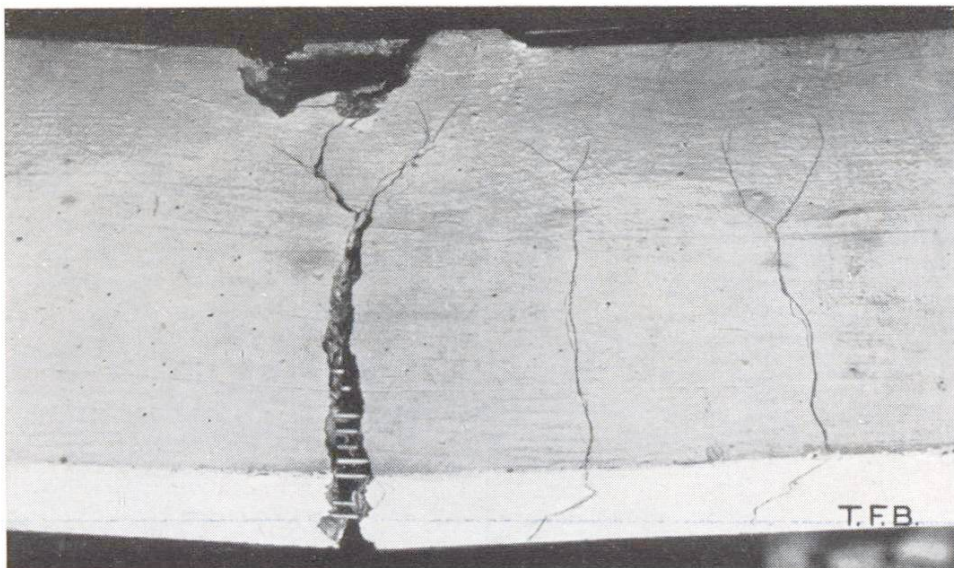


Abb. 2 Vorgespannter Eisenbeton-Probekörper nach dem Bruchversuch. Charakteristische Form der Risse (Schinznacher Versuche S. I. A.)



Abb. 3 Strassenbrücke in vorgespannter Eisenbetonbauweise, armiert mit vorgespannten Stahldrahtlitzen

rungen die Wirkung der Vorspannung illusorisch machen (besonders bei grösseren Objekten).

Die **Versuchstechnik** umfasst ausgedehnte Untersuchungen in statischer und dynamischer Hinsicht, die, neben den Einzelprüfungen der Materialien, genaue Kriterien zur Beurteilung der vorgespannten Konstruktionen liefern, wie Rissmoment, Bruchmoment, **Risskoeffizient**, Riss- und Bruchsicherheiten, etc.

b) Theoretische Grundlagen.

Wegen der zahlreicheren Belastungsfälle als beim gewöhnlichen Eisenbeton sind die Berechnungen umfangreicher. Dank der Anwendung der Theorie der Eigenspannungen⁵ konnten die Einflüsse von Schwinden und Kriechen genau erfasst und für die Spannungsberechnung und die Dimensionierung einfache geschlossene Formeln aufgestellt werden (im Gegensatz zu früher, wo Schwinden und Kriechen nur generell berücksichtigt wurden). Die Frage der Schub-, der schrägen Hauptzug- und Querspannungen bedarf noch einer endgültigen Abklärung. Auf derselben Grundlage kann die Berechnung für statisch unbestimmte Systeme aufgebaut werden. Ferner zeigt sich, dass gewisse Spezialprobleme nur unter Hinzuziehung des zweidimensionalen Spannungszustandes gelöst werden können.

Die rechnerischen Spannungen vermitteln, parallel zum Versuch, eine einwandfreie Beurteilung, sobald die darin vorkommenden Materialkonstanten (Elastizitätsmoduli, Schwind- und Kriechmass) aus Versuchen bekannt sind.

5 c) Realisierungen.

Man unterscheidet im wesentlichen 2 Kategorien von Konstruktionen:

- I. Konstruktionen mit «kontinuierlicher» Verankerung, d. h. mit einbetonierten, vorgespannten Armierungen, wo die Vorspannkraft mittels der Haftung längs der Eisen direkt in den Beton übertragen werden.
- II. Konstruktionen mit vorgesehenen Aussparungen, in die nachträglich die Eisen eingebracht und vorgespannt und an den Enden verankert werden (Freyssinet).

Auch ist eine Kombination der beiden möglich. Beide Arten haben ihre Vor- und Nachteile. Bei der Kategorie I ist die Vorspanntechnik im allgemeinen einfacher; dafür ist eine vollkommene Haftung schwieriger zu erreichen und der Fabrikationsprozess ist langsamer wegen der notwendigen Erhärtingsfrist des Betons. Bei der Kategorie II besteht die Möglichkeit, die Fabrikation schneller zu gestalten und durch Nachspannen der Eisen einen Teil des Schwindens und Kriechens zu eliminieren, jedoch bietet die Verankerung erhöhte Schwierigkeiten.

Einige wenige Beispiele mögen die Mannigfaltigkeit der Anwendungsgebiete hervorheben.

Brückenbau.

Zahlreiche Balkenbrücken der Reichsautobahnen in Deutschland⁶, Spannweiten bis 43.5 m; grosser Eisenbedarf, da die Vorspannungen zu niedrig sind; das Vorspannen der Bügel ist etwas fragwürdig. Einige ausgezeichnete Plattenbrücken in Frankreich (1942/

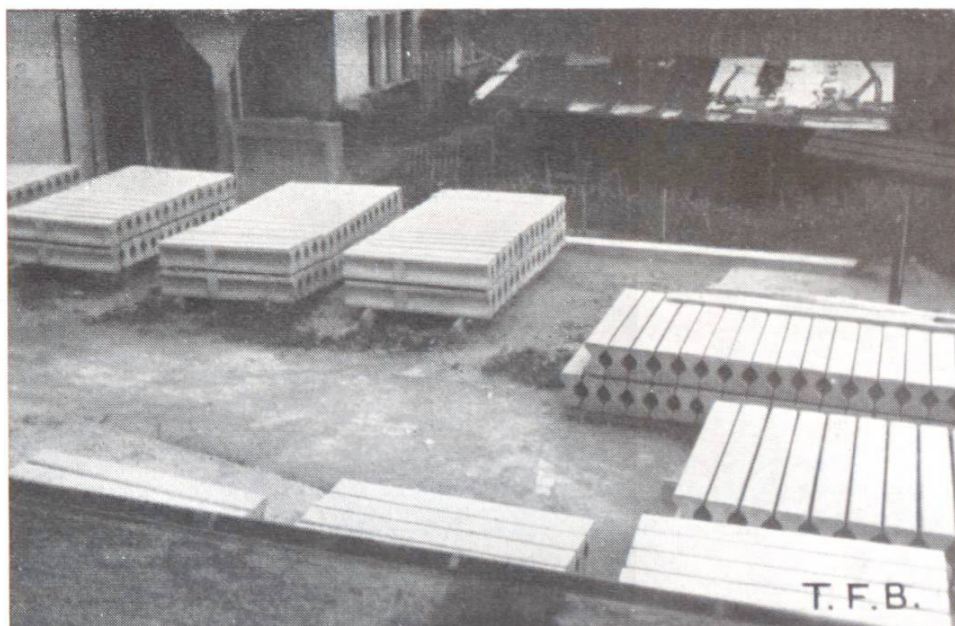


Abb. 4 Betonfertigteile (Mastensockel) mit vorgespannten Stahldrahtlitzen armiert

6 1943) mit erstaunlich kleinen Nutzhöhen. Gegenwärtig ist bei Luzancy eine flache Zweigelenbogenbrücke im Bau mit $l=55$ m, mit Kastenquerschnitt und einer Nutzhöhe von nur 1.25 m im Scheitel.

In der Schweiz sind einige Überführungen der SBB mit noch bescheidenen Spannweiten ausgeführt worden.

Hochbau.

Hallenbauten und Dachbinder mit beträchtlichen Spannweiten, sowie Rahmenbauten, vor allem in Deutschland.

Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet bilden die zahlreichen fabrik- und serienmässig hergestellten Einzelelemente, wie Deckenträger (in den mannigfaltigsten Ausführungen), Leitungsmaste und Mastschuhe (SBB), Schwellen, Rohre etc. (Fabrikation auch in Einzelstücken und Zusammensetzung und Vorspannung nach Freyssinet erst auf dem Bauplatze), etc.

3. Forderungen technisch-konstruktiver und wirtschaftlicher Art.

Der vorgespannte Beton hat sein wirtschaftliches Gleichgewicht heute noch nicht erreicht, was mit der z. T. noch komplizierten technischen Apparatur, der langen Fabrikationszeit und den Transportkosten der fertigen Konstruktionselemente zusammenhängt.

Für die fabrikmässige Herstellung erhebt sich die Forderung nach einer Verbesserung und Vereinfachung der technischen Einrichtungen und nach einer Beschleunigung des Fabrikationsprozesses zum Zwecke seiner wirtschaftlichen Sicherstellung. Eine sofort nach dem Vorspannen wieder benützbare Vorspannungsapparatur mit unabhängiger Verankerung der vorgespannten Eisen dürfte, zusammen mit einer verkürzten Abbindezeit des Betons, die Herstellung wesentlich rationeller gestalten.

Bei grösseren Objekten findet die Vorspannung auf dem Bauplatze selbst statt, wobei die Führung der Eisen, ihre Verankerung

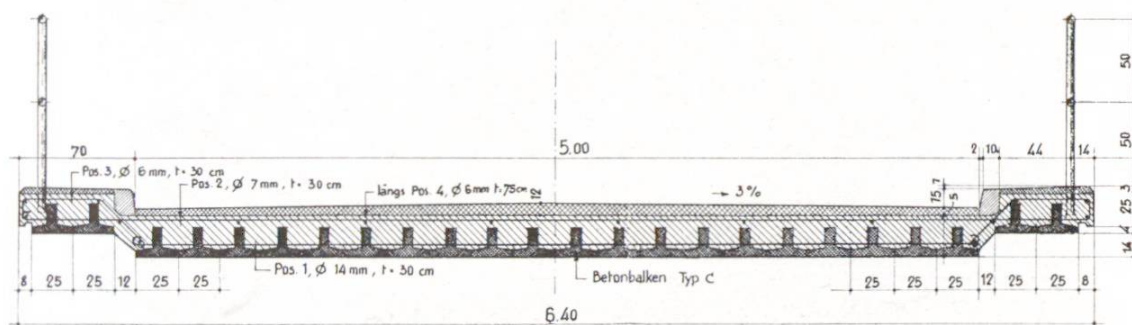


Abb. 5 Detail aus Brückenprofil. Beispiel einer Verwendung von vorgespannten Elementen als Armierung (Neue Granito Bau AG., Zürich)

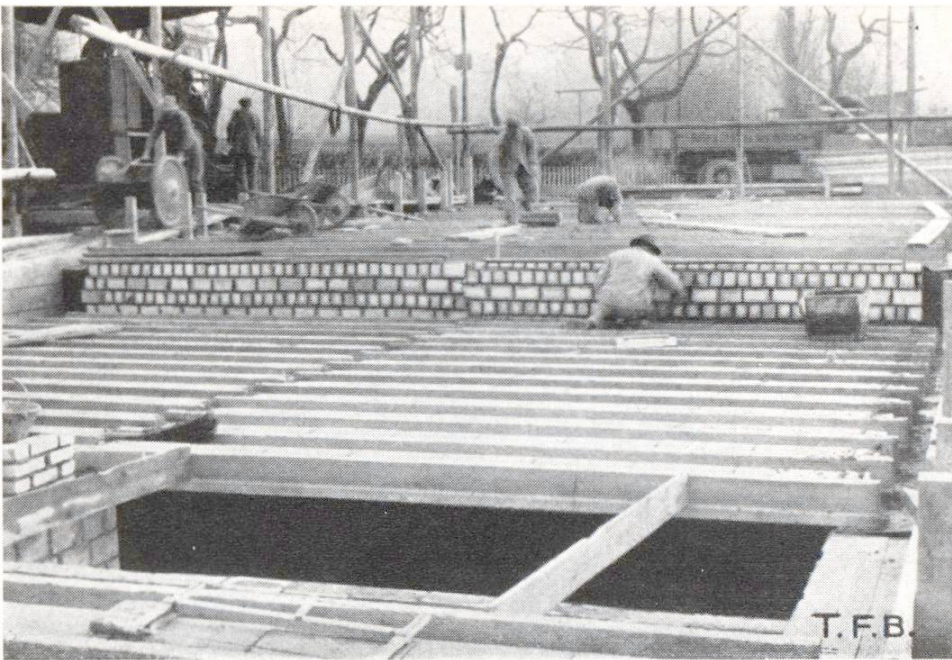


Abb. 6 Hourdisdecken mit vorgespannten Fertigbalken im Einbau

und Haftung eine wichtige Rolle spielen⁷. Auch hier kann die Vorspanntechnik unter Beibehaltung der erforderlichen Sicherheit noch stark gefördert werden.

4. Ausblick und Schlussfolgerungen.

Die Entwicklung ist bei weitem noch nicht abgeschlossen. Bereits ist die Tendenz nach erhöhter wirtschaftlicher Gestaltung bemerkbar, sei es in Richtung einer Steigerung der Materialqualitäten für Beton und Eisen oder in der Einführung neuer Konstruktions- und Fabrikationsprinzipien. In diesem Zusammenhang erwähnen wir eine neuartige «Verbundkonstruktion»⁸, bei der die vorgespannten Elemente eingebettet sind und als «Armierung» dienen. Dies bedeutet eine Verminderung der Transportkosten, da der Druckbeton auf der Baustelle selbst eingebracht wird. Neue Ideen sind an der Tagesordnung; wir weisen auf die Erfindung des «expansiven Betons»⁹ hin, der am Widerstand der Armierungen dank seines Expansionsbestrebens vorgespannt wird. Über die weitere Bewährung dieser Idee kann vorläufig noch nichts gesagt werden.

Die Zukunftsmöglichkeiten des vorgespannten Betons¹⁰ können füglich positiv beurteilt werden. Wir denken dabei weniger an die gegenwärtig willkommene Eisenersparnis, als vielmehr an die oben angedeuteten, diesem neuen Material innewohnenden charakteristischen Vorzüge, sowie an die mannigfaltigen Anwendungs- und Entwicklungsmöglichkeiten. Dank erhöhter wirtschaftlicher Gestaltung wird sich die neue Bauart harmonisch in die bereits bestehenden einfügen und im Rahmen ihrer Möglichkeiten die ihr gestellten Aufgaben restlos erfüllen können.

8 Literatur.

- 1 Prof. F. Panchaud, Quelques aspects du calcul des ouvrages en béton précontraint, Bull. Techn. S. R., 30. Okt. und 30. Nov. 1943.
- 2 Prof. Stucky, Le béton précontraint, Bull. Techn. S.R., 10. Juli 1943.
- 3 Schinznacher Versuche, Tabellarische Zusammenstellung.
- 4 Prof. Bolomey, Déformations élastiques et plastiques . . . , Bull. Techn. S.R., 25. Juli 1942.
Contribution à l'étude du béton précontraint, Bull. Techn. S. R., April bis Juni 1943.
- 5 Dr. P. Lardy, Eigenspannungen und vorgespannter Beton, S.B.Z., 30. Jan. 1943.
Allg. Dimensionierung und Spannungsberechnungen . . . S.B.Z., 15. Mai 1943.
- 6 Moersch, Spannbetonträger.
- 7 Dipl. Ing. M. R. Ros, Die Anwendung der Vorspannung im Eisenbetonbrückenbau . . . , S.B.Z., 21. August 1943.
- 8 Dr. P. Lardy, Eisenbetonkonstruktionen mit eingebetteten . . . , S.B.Z., 29. April 1944.
- 9 Ing. Lossier, Les Ciments expansifs, Génie Civil, 15. April und 1. Mai 1944.
- 10 Cementbulletin Nr. 6 (1942), «Vorspannung im Eisenbetonbau».

Dr. P. L.