

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 117/118 (1941)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Vorspannung im Eisenbetonbau  
**Autor:** M.N.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83444>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

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

Le Pénitencier cantonal vaudois de Bochuz près d'Orbe. Arch. E. VIRIEUX

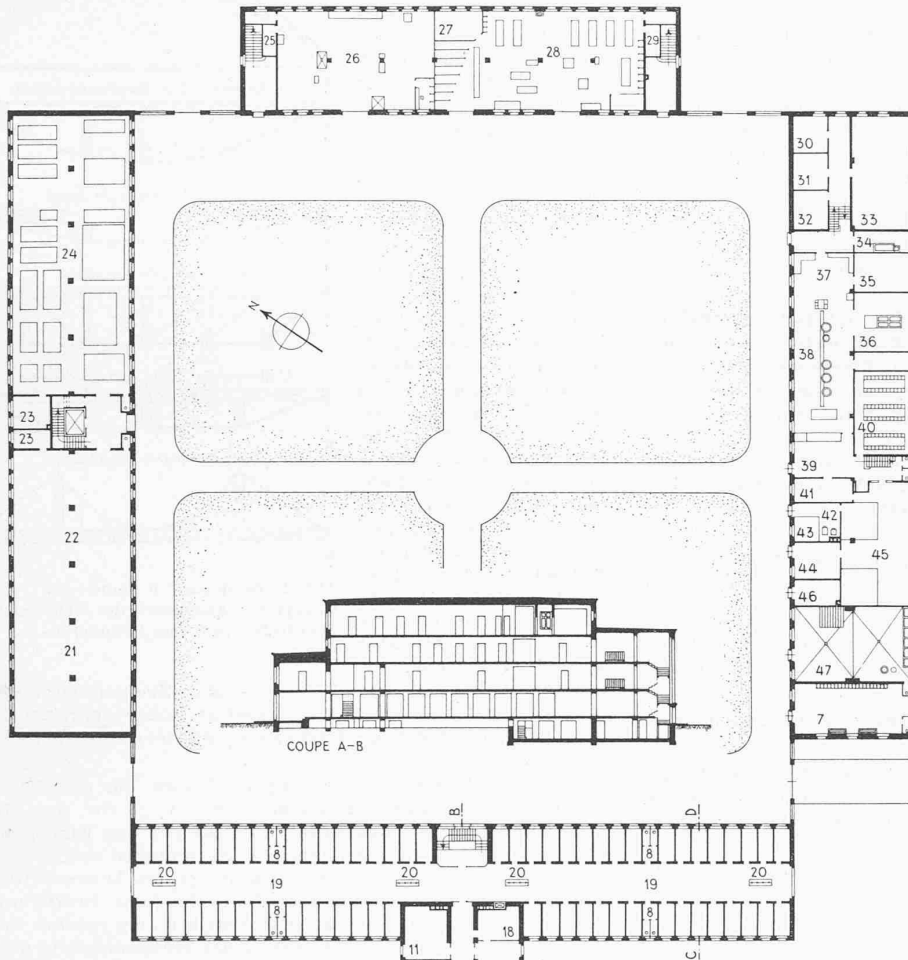


Fig. 5. Plan du Rez-de-chaussée 1., 2. et 3. étage. — 1:800

Légende:

1 Comptabilité, 2 Econome, 3 Secrétariat, 4 Direction, 5 Centrale téléphonique, 6 Gardien chef, 7 Vestiaire, 8 W.C., 9 Parloirs, 10 Dépôt, 11 Vestiaire des gardiens, 12 Corps de garde, 13 Cellules d'attente, 14 Bains désinfection, 15 Dépôt de petit matériel, 16 Dactyloscopie, 17 Photographie, 18 Chambre noire, 19 Cellules de I. et II. divisions (au nombre de 64), 20 Lavabos, 21 Imprimerie, 22 Manufacture, 23 Bureau, 24 Filature et tissage, 25 Charbon, 26 Forge, 27 Vernis, fourniture etc., 28 Menuiserie, 29 Charbon, 30 Viande séchée, 31 Viande fumée, 32 Fumoir, 33 Réserves, 34 Lait et beurre, 35 Réserve journalière, 36 Laverie, 37 Préparation des légumes, 38 Cuisine, 39 Distribution, 40 Réfectoire des gardiens, 41 Dépôt de pain, 42 Chaufferie, 43 Combustible, 44 Soute de la boulangerie, 45 Boulangerie, 46 Teinture, 47 Buanderie, 48 Aumônier, 49 Salle de conférence, 50 Chef de cultures, 51 Bibliothèque, 52 Linge des détenus, 53 Linge de maison, 54 Vêtements civils des détenus, 55 Magasins des toiles, 56 Lingerie, 57 Uniformes, 58 Cellules de I. et II. classe (64), 59 Chambre de gardiens, 60 Dortoirs des gardiens, 61 Salle des gardiens, 62 Douches, lavabos des gardiens, 63 Cellules de III. classe (64), 64 Isolements, 65 Infirmerie, 66 Pharmacie, 67 Médecin consultation, 68 Attente, 69 Bains, 70 Cellules de travail, 71 Cellules de punition

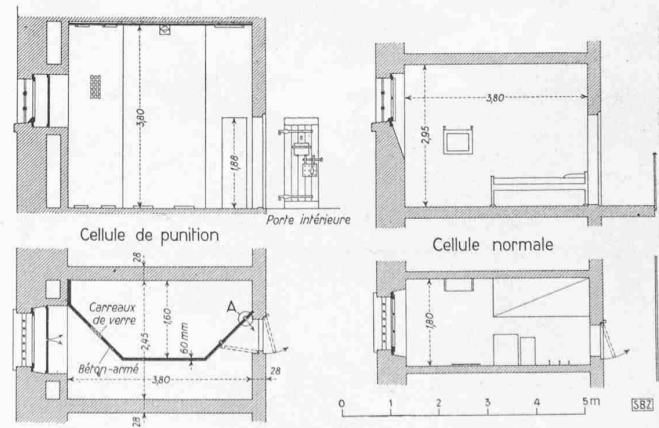
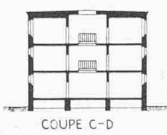
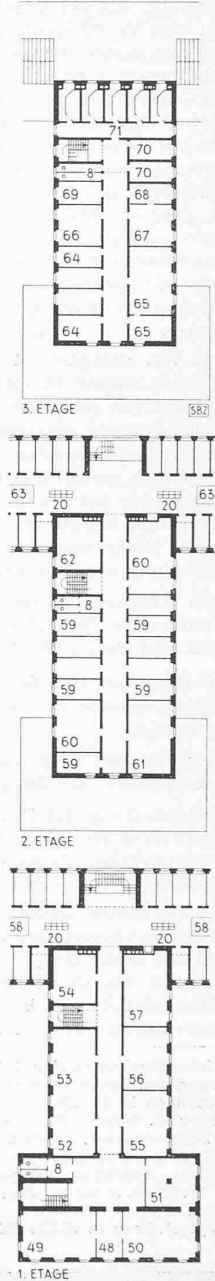


Fig. 6. Détail des cellules normales et (à gauche) de punition  
Echelle 1:140

Vorspannung im Eisenbetonbau

Trotz der schon langen Entwicklungszeit des Eisenbetons konnte der Nachteil der Rissbildung<sup>1)</sup> in Bauteilen mit Zugspannungen noch nicht behoben werden. Ihre Ursachen liegen in der, die Dehnungsfähigkeit des umhüllenden Betons weit übersteigenden Dehnung der gezogenen Eiseneinlagen und andererseits in der Verkürzung des Betons durch den Schwindprozess,

<sup>1)</sup> Vgl. J. Bächtold: Zur Rissbildung im Eisenbeton, «SBZ» Bd. 115, S. 213\* (4. Mai 1940), sowie: Der auf Zug beanspruchte Eisenbeton, Bd. 117, Seite 27\* (18. Januar 1941).

um dessen Milderung bzw. Ausschaltung sich die Zementindustrie bemüht. Ein schon jetzt verfügbares Gegenmittel liegt nun aber in den Verfahren zur Herstellung von Eisenbetonbauten mit vorgespannter Bewehrung, die zugleich die Vorteile der Materialersparnis durch die Ausnutzungsmöglichkeit hochwertiger Stahlsorten in sich schliessen. Bei den bisherigen Armierungseisen konnte diese nur schlecht ausgenützt werden und zwar in der Druckzone mit höchstens  $n\sigma_b$ , in der Zugzone mit jener verhältnismässig niedern Zugspannung, die noch eine geringe Rissbreitensumme und einen hinreichenden Verbund verbürgte, aber bei gewöhnlichen Stahlsorten nur rd.  $\frac{1}{3}$  der Zugfestigkeit betrug. Mit höheren Gebrauchsspannungen wurde der Dehnungsunterschied zwischen Beton und Stahl noch gesteigert, und diese Unzukömmlichkeiten gaben Anlass zur Entwicklung neuer Gedanken im Stahlbetonbau. Ueber diese sei im folgenden berichtet<sup>2)</sup>.

Eine von altersher benützte Möglichkeit zur Ausschaltung von Zugspannungen in einem Querschnitt besteht in der Nutzbarmachung von jene überdeckenden Druckspannungen:

a) durch geeignete statische Systeme, bei denen in einem bestimmten, überwiegenden Belastungszustand (meistens durch Eigengewicht), grössere Druckspannungen hervorgerufen werden (Gewölbe) oder bei denen durch ihre Auflösung in Druckglieder aus Beton und Zugglieder aus Eisen, unter gleichzeitiger Lösung der letztgenannten aus dem Verbund, eine klare Funktionsverteilung erreicht wird;

b) durch Anspannung der Bewehrung vor dem Einbetonieren, wobei nach dem Einhärten ihre Federungskraft als Druckspannung auf den Beton übertragen wird.

Die Bauwerke der Gruppe a) umfassen Konstruktionen mit getrennten eisernen Zuggurten von höchstzulässiger Materialbeanspruchung,

mit Zuggurtanspannung durch die Ausrüstung, bzw. Ausrüstung durch Anspannen der Zuggurte und

mit Nachspannung der Zuggurte zur Ausschaltung der Folgen des Schwindens und Kriechens<sup>3)</sup> in den gedrückten Konstruktionsquerschnitten, wobei die Zuggurte nach dem Anspannen zum Rostschutz mit Beton umhüllt werden können.

Den genannten Bedingungen entsprechen in der Hauptsache der Zweigelenbogen mit Zugband, das Hängewerk bzw. Zuggewölbe mit Druckgurt, der Fachwerkträger, der unterspannte Balken nach Bauweise Finsterwalder und die in sich verankerte Hängebrücke (Abb. 1). Alle diese Systeme haben schon im Eisenbetonbau, zum Teil in grossen Bauwerken, Brücken und

<sup>2)</sup> Unter Benützung der Artikel: R. Oppermann: Grundlagen für die Ausführung von Spannbetonträgern, sowie L. Pistor: Die Anwendung von Vorspannungen im Stahlbetonbau, in «Beton und Eisen» vom 5. und 20. Juni 1940; ferner W. Passer: Reichsautobahnbrücke mit unterspannten Balken Bauart Finsterwalder, in «Die Bautechnik» vom 28. Juni 1940. Alle drei Aufsätze sind auch, zusammen mit einem weiteren von F. v. Emperger, in Buchform erschienen: Vorspannung in Eisenbetonbau, Berlin 1940, Verlag von W. Ernst & Sohn. Preis geh. Fr. 5.35. Daraus auch unsere Abbildungen.

<sup>3)</sup> Vgl. A. Senn in «SBZ» Bd. 111, S. 61\* (5. Febr. 1938).

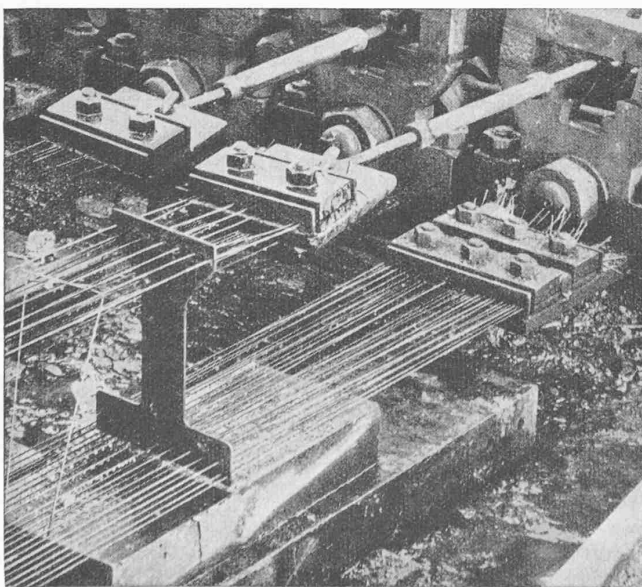


Abb. 2. Herstellung von Hoyer-Stahlsaitenbeton

Hallenbauten ihre Verwirklichung gefunden. Nur gegen Fachwerkträger waren bis vor kurzem Bedenken vorhanden, die nun aber durch neueste Ausführungen behoben worden sind.

Zu dieser Gruppe gehören auch einige Bauarten von Betondruckrohren, für die unbedingte Rissfreiheit des wandbildenden Betons gefordert wird. Auch hier kann die Bewehrung aus dem Verbundquerschnitt herausgenommen und als Stahlumschnürung angeordnet werden. Durch deren Anspannung lassen sich im Kernrohr Druckspannungen erzeugen, die den Zugspannungen des inneren Flüssigkeitsdruckes entgegenwirken und Rissbildungen ausschliessen. Diesen Ueberlegungen entsprechen die bereits vor 30 Jahren, mit bis 6250 kg/cm<sup>2</sup> vorgespanntem Stahldraht hergestellten Siegart- und Zisslerrohre. Auch Emperger hat z. B. schon 1923 derartige Rohre hergestellt, wobei die Vorspannung mit 8000 kg/cm<sup>2</sup> während des Aufwickelns erfolgte.

Bei Konstruktionen der Gruppe b) wird die innerhalb des Verbundquerschnittes befindliche Bewehrung vor dem Betonieren künstlich so angespannt, dass sie den aus Eigengewicht und äusserer Belastung entstehenden Spannungen entgegenwirkt und es kann erreicht werden, dass im ganzen Querschnitt nur noch Druckspannungen auftreten. Unerlässliche Bedingung ist dabei ein Beton höchster Güte (Rüttelbeton)<sup>4)</sup> mit rascher Erhärtung und eine sichere Uebertragung der Vorspannkraft auf den Beton. Bei den üblichen Durchmesser der Eiseneinlagen genügt aber deren Haftwiderstand nicht und es sind besondere Endverankerungen notwendig. Eine Ausnahme machen nach bisherigen Erfahrungen Drähte bis zu 2 mm Stärke. — Der den Konstruktionen dieser Gruppe zu Grunde liegende Gedanke ist schon alt, doch scheiterten bezügliche Versuche an der zu geringen Vorspannung, von der ein Teil durch das Schwinden und Kriechen des Betons während der Erhärtung aufgezehrt wurde. Wenn aber diesem Umstand Rechnung getragen wird, so ist durch den vorgespannten Stahlbeton ein vollkommener Werkstoff geschaffen, der nicht nur Zugkräfte aufnehmen, sondern sogar Druckspannungen im Beton erzeugen kann und das nicht nur in der Längs-, sondern auch in der Querrichtung. Damit besteht auch die Möglichkeit der Ausschaltung der schrägen Zughauptspannungen (Schubkräfte). Der Spannbeton ist nach mehreren Vorversuchen erstmals erfolgreich von Freyssinet<sup>5)</sup> mit Bewehrungsspannungen von über 4000 kg/cm<sup>2</sup> angewendet und später durch Wayss & Freytag weiter entwickelt worden, über deren wichtige Versuche später berichtet werden soll. — Das Verfahren findet ebenfalls für Druckrohre Anwendung, wobei die im Beton liegende Bewehrung dank einer sinnreichen Anordnung der Herstellungsform durch Pressen des Betons hergestellt wird.

Eine weitere Entwicklungsform ist der Stahlsaitenbeton von Hoyer<sup>6)</sup> unter Verwendung von Klaviersaiten (Abb. 2). Bei deren sehr hoher Streckgrenze kann mit Anfangsspannungen von rund 13500 kg/cm<sup>2</sup> gearbeitet werden, von denen wegen Schwind- und Kriechverlusten noch Vorspannungen von 12000 kg/cm<sup>2</sup> verbleiben. Wie früher schon erwähnt, sind bei diesen dünnen Drähten dank ihrer hohen Haftwiderstände, besondere Verankerungen überflüssig. Von einem derartigen, fabrikmässig hergestellten Träger können daher beliebig lange Stücke abgeschnitten werden, ohne dass die Vorspanneigenschaften in den einzelnen Stücken verloren gehen. Die Verwendung hochwertiger Stahldrähte gibt somit vorläufig die weitestgehende Ausnützung aller Vorteile des Spannbetonverfahrens.

<sup>4)</sup> «SBZ» Bd. 103, S. 49 und 240 (1934), Bd. 106, S. 288 (1935), Bd. 109, S. 173 (1937), Bd. 116, S. 161 (1940) und Bd. 117, S. 127\* (1941).

<sup>5)</sup> «SBZ» Bd. 107, S. 190 (1936). — <sup>6)</sup> «SBZ» Bd. 112, S. 91 (1938).

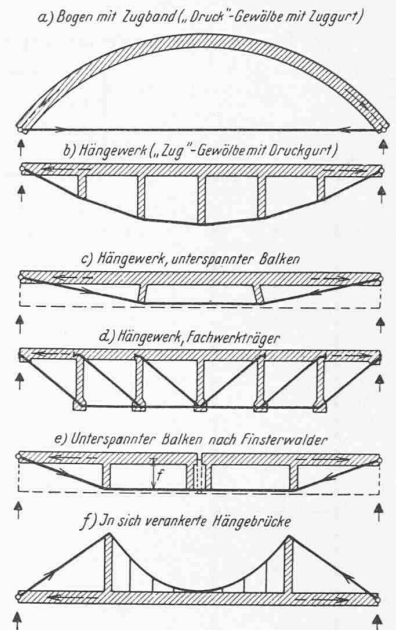


Abb. 1. Beispiele von Bauten der Gruppe a): Anspannen der stählernen Zugglieder nach dem Betonieren



Es ist beachtenswert, dass das wirkliche Verhalten beim Bruch genau mit diesen rechnerischen Werten übereinstimmt. Der Dresdener Träger ist durch Ueberwindung der Betonfestigkeit, der Frankfurter Träger aber wegen seiner höheren Betonfestigkeit durch Ueberschreitung der Zerreißfestigkeit der Armierung zerstört worden. Ebenso wichtig ist, dass die Vorspannung auch nach dem Bruch in allen Querschnittsteilen noch voll wirksam war. Es hat sich auch gezeigt, dass nach Jahren ein Vorspannungsverlust von nur  $500 \div 700 \text{ kg/cm}^2$  eingetreten ist und dass daher die bezügliche Annahme von  $1500 \text{ kg/cm}^2$  als Berechnungsgrundlage eine grosse Sicherheit einschliesst.

Als Beispiel eines unterspannten Balkens nach Abb. 1e sei auf die Ausführung einer ohne Fusswege  $11,2 \text{ m}$  breiten Reichsautobahn-Brücke nach Bauart *Finstervalder* hingewiesen, die schon seit drei Jahren unter schwerstem Strassenverkehr steht und sich bestens bewährt hat (Abb. 6). Jeder der zwei mit Zugband bewehrten Balken von  $24,35 \text{ m}$  Stützweite wird durch ein Bleigelenk in Trägermitte statisch bestimmt. Besonders interessiert die Befestigung der Zugbänder mit den Vorkehrungen für deren Anspannung (Abb. 7) und die Auflagerung der Ablenksstellen des Zugbandes (Abb. 8). Die eine Brückenhälfte wurde vom Auflager bis zum Mittelgelenk innerhalb 10 Stunden betoniert und zwei Tage später, nach Einbringung des Gelenks, vollendet. Der Beton wurde in steifplastischem Zustand mit  $7,5\%$  Wasser und  $350 \text{ kg/m}^3$  hochwertigem Portlandzement eingerüttelt. Die erzielten Festigkeiten lagen zwischen  $450$  und  $550 \text{ kg/cm}^2$ . Die Ausrüstung geschah durch Spannen der Zugbänder und dadurch bewirktes Abheben vom Gerüst. Nachher wurden die Zugseile einbetoniert. Der Armierungsbedarf betrug  $94 \text{ kg}$  pro  $\text{m}^2$  überdeckte Fläche, was gegenüber einer Eisenbeton-Zweifeldbalkenbrücke üblicher Bauart eine Stahlersparnis von  $25\%$  bedeutet. Bei voller Verkehrslast betragen die wirklichen Durchbiegungen  $18 \text{ mm}$ , bzw.  $1/1350$  der Stützweite. Der gemessene Elastizitätsmodul ergab sich zu  $420\,000 \text{ kg/cm}^2$ , gegenüber  $350\,000 \text{ kg/cm}^2$  der Rechnung.

Das beschriebene Spannbetonverfahren öffnet mit seinen vielen Vorteilen und Materialersparnissen sowohl für Grossausführungen, als auch für sonstige Anwendungen (Eisenbahnschwellen) interessante Ausblicke. Immerhin bedürfen noch manche Fragen, so über Dauerfestigkeit, Haftwiderstand dünner Bewehrungsstäbe und über das Verhalten bei hohen Temperaturen, weiterer Abklärung. M. N.

Seit der schon letztes Jahr erfolgten Abfassung obenstehenden Berichtes durch unsern Mitarbeiter sind noch zwei bemerkenswerte einschlägige Veröffentlichungen erschienen. In «Beton und Eisen», Hefte 1 bis 3, 1941, zeigt *F. Dischinger* Entwürfe für Konstruktionen, die zur Spannungserzeugung Brückenseile mit einer zulässigen Spannung von  $5000 \text{ kg/cm}^2$  verwenden. Dadurch wird es möglich, einen Scheibenbogen mit  $180 \text{ m}$  Weite und sehr flachem Stich ( $1/20$ ) zu projektieren. Die Seile werden zwischen Gewölbe und Fahrbahn gut geschützt untergebracht; als Vorteil ergibt sich auch, dass in den Seilen nur verschwindend geringe Wechselbeanspruchungen und im Beton aus Eigen-gewicht nur zentrische Druckkräfte und aus Verkehr keine Biegezugspannungen auftreten. Durch Abstützung der Widerlager auf geneigte Pendelsäulen erzeugt Dischinger einen statisch bestimmten Horizontalschub in der Bogenseibe. — Die gleiche Zeitschrift zeigt am 20. April eine in Ausführung begriffene Dischinger-Balkenbrücke über drei Felder von  $80 \text{ m}$  Weite der Mittelöffnung.

«Le Génie Civil» vom 1./8. Februar bringt einen Aufsatz des Schweizer *H. Lossier*, der vier Entwicklungsstadien der Eisenbetonbauweise unterscheidet, wobei die oben beschriebenen Bauten dem vierten Stadium angehören. Der Verfasser selbst, über dessen praktische und materialkundliche Leistungen wir in Bd. 115, S. 177 und 213\* berichtet haben, versucht sämtliche Armierungen allseitig in Spannung zu setzen, indem er einen Spezialzement verwendet, der statt Schwinden ein Treiben von etwa  $1,2\%$  (bezogen auf reinen Zementbrei) zur Folge hat. *E. Freyssinet*, der bekanntlich am Anfang der modernen Spannbeton-technik steht (Versuche über Kriechen, Plougastel 1926), steuert zu Lossiers Aufsatz eine Notiz bei, der u. a. zu entnehmen ist, dass beim algerischen Stauwehr der Portes de fer im Oued Fodda sämtliche Glieder einschliesslich der  $17,4 \text{ m}$  weiten Schützen aus Spannbeton nach seinem System ausgeführt wurden.

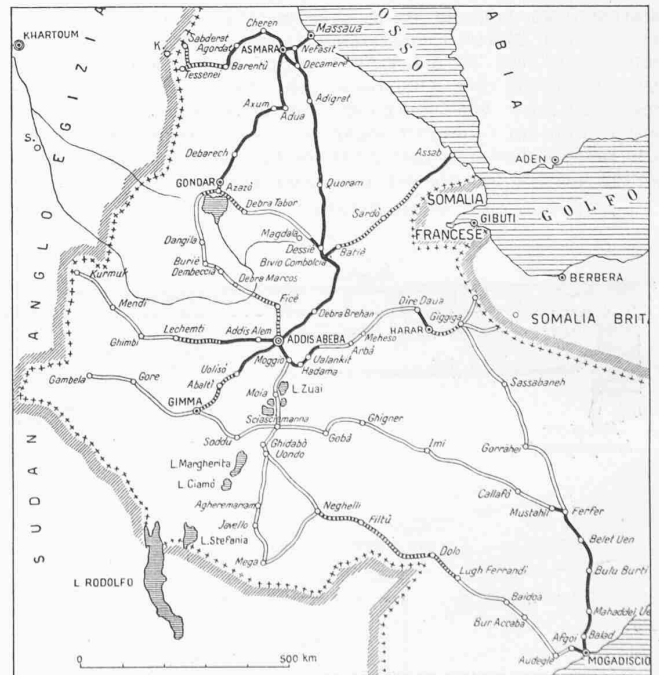
Eine gute Zusammenfassung der obenstehend geschilderten neuen Entwicklungsrichtung der Eisenbetontechnik gibt nachfolgende Uebersetzung von *Freyssinets Schlusswort*: «Meine Entdeckung des Spannbetons, patentiert 1928, besteht im Wesentlichen darin, dass die Eiseneinlagen so stark vorgespannt wer-

den, dass auch nach Auswirkung der Betonschrumpfung infolge ihrer verschiedenen Ursachen eine dauernde Zugspannung in der Armierung verbleibt, die einen wesentlichen Prozentsatz der ursprünglichen ausmacht. Ob die Eisen innerhalb oder ausserhalb des gedrückten Betons verlaufen, ist nicht von Bedeutung; das Wesentliche des Spannbetons beruht in der Erzeugung von dauernden Betonbeanspruchungen, die gegenüber den aus der Belastung des Bauwerks zu erwartenden umgekehrtes Vorzeichen haben und, zusammengesetzt mit den letztgenannten, Zug in Restbeträge von Druck umwandeln oder umgekehrt, die maximalen Druckkräfte herabsetzen. Im Besonderen gelingt dies in auf Biegung beanspruchten Bauteilen, deren Spannweite zugleich, bei kleiner Bauhöhe und geringem Gewicht, sich enorm steigern lässt. Auch die Schubfestigkeit der Stege kann bis auf das zehnfache erhöht werden. So entstehen Bauwerke, die ganz andere Proportionen aufweisen, als wir sie im Eisenbetonbau bisher gewohnt waren.»

## MITTEILUNGEN

**Dauerbehelfsbrücken im Krieg.** Die grossen Erfahrungen der deutschen Pioniertruppen in der Wiederherstellung zerstörter Gewässer-Uebergänge haben zu einer Zweiteilung der Ausführung in folgendem Sinne geführt: zuerst — oft noch unter feindlichem Feuer — wurden in kürzester Zeit Behelfsübergänge geschaffen zum raschen Uebergang der Hauptmacht unter möglicher Verwendung alles örtlichen Materials; erst nachher ging man an die Erstellung von Dauerbehelfsbrücken. Weil die Benützung der ersten Notbrücken nicht unterbrochen werden durfte, da diese meistens auf oder über den Resten der ehemaligen Objekte gebaut wurden, und auch wegen Zeitgewinn hat man die Dauerbehelfsbrücken hauptsächlich seitwärts ausgeführt. Als Grundform hat sich die Konstruktion mit Holzjochen, einem Ueberbau aus Walzträgern oder verdübelten Balken mit und ohne Dreieck- und Trapezsprengwerken und mit hölzernen Fahrbahnen herausgebildet, wobei deren oberste Verschleissbohlen zur besseren Lastverteilung und Versteifung unter  $45^\circ$  schief zur Fahrriechung verlegt werden. Die Brücken erhielten eine einheitliche Breite von  $1+6+1 \text{ m}$  vorgeschrieben, die den Verkehr in beiden Richtungen gestattet. Die Belastungsnorm einer  $16 \text{ m}$ -Walze entspricht dem stärksten kriegsmässigen Kolonnenverkehr. Bei langsamer Fahrt und entsprechenden Abständen können auch wesentlich schwerere Fahrzeuge verkehren. «Die Bautechnik» gibt in den Heften 2 und 3, Jan. 1941, eine Reihe von Beispielen verschiedenster Ausführungsarten.

**Böschungsgestaltung und Massenermittlung bei den Reichsautobahnen.** Während bis heute bei Verkehrswegen die Böschungseignungen der Einschnitte und Dämme ausschliesslich durch deren Materialart bedingt waren, so wurde neuerdings beim Bau der deutschen Reichsautobahnen aus Gründen besserer Einfügung in die Landschaft als richtig anerkannt, die Böschungen um so flacher zu gestalten, je geringer die Dammhöhe oder die



Das ital. Strassennetz in Abessinien (nach «Annali Lavori Pubblici», 1938)