Zeitschrift: IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen
Band: 5 (1937-1938)

Artikel: Die Anwendung von hochwertigem Stahl im Eisenbeton
Autor: Finsterwalder, U.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-6154

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: 21.07.2025

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

DIE ANWENDUNG VON HOCHWERTIGEM STAHL IM EISENBETON.

L'UTILISATION DES ACIERS A HAUTE RÉSISTANCE DANS LA CONSTRUCTION DE BÉTON ARMÉ.

THE USE OF HIGH TENSILE STEEL IN REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION.

Dr. Ing. U. FINSTERWALDER, Berlin *).

Inhaltsübersicht.

Bei der Anwendung des hochwertigen Stahles im Eisenbeton sind grundsätzlich zwei Verwendungsarten zu unterscheiden: 1. die normale Zug- oder Druckeiseneinlage und 2. die Vorspannung der Zugeisen mittels künstlicher Mittel.

Die Verwendung des hochwertigen Stahles als normale Zugeiseneinlage gemäß den deutschen Vorschriften ergibt eine Kostenersparnis von 1—3% der betreffenden Eisenbetonkonstruktion. Es mag dahingestellt bleiben, ob hierdurch die Nachteile ausgeglichen werden, welche als Folge der Erhöhung der Eisendehnung unvermeidlich sind. Zunächst sollten diese Armierungen nur bei normalen Konstruktionen, die der Witterung nicht ausgesetzt sind, angewendet werden.

Dagegen stellt die künstliche Vorspannung der Eisen mit dem Ziel, Betonzugspannungen und Risse möglichst zu vermeiden, eine Neuerung dar, die nicht nur eine Verbilligung, sondern auch eine Verbesserung der Konstruktion, also einen wirklichen Fortschritt mit sich bringt.

Schon Altmeister KOENEN hat in den Anfangsjahren des Eisenbetons versucht, die Zugeisen von Balken gegen die Schalungsform vorzuspannen und in diesem Zustand einzubetonieren. Die geringe Größe der verwendeten Vorspannungen und die Nachgiebigkeit des Betons gegenüber lang andauernden Druckspannungen waren die Ursachen für den geringen Erfolg dieser Versuche [1]).

In den Nachkriegsjahren hat das Vorspannen der Zugbänder von Bogen vielfach Eingang gefunden. Hierbei wird aus der Zugbanddehnung und der Betonzusammendrückung das Maß der notwendigen Verkürzung errechnet. Dieses Verfahren vermindert die Zusatzmomente des Bogens und gestattet eine besonders schlanke Ausführung desselben.

Die erste Anwendung dieses Verfahrens in Deutschland erfolgte durch DISCHINGER bei der 1928 erbauten 68 m weit gespannten Bogenbrücke mit angehängter Fahrbahn über die Saale in Alsleben [2]). Neuerdings wurden bei Flugzeughallen über 100 m weit gespannte Bogen von 16 m Stichhöhe verwendet,

---

*) Freier Vortrag, gehalten am 2. Kongreß der I. V. B. H., Berlin, Oktober 1936.

[1]) Seither wurde diese Methode praktisch brauchbar gemacht, vergl. FREYSSINET, E.: Une Révolution dans les Techniques du Béton. Paris 1936.

[2]) „Beton und Eisen" 1929, Heft 22, „Der Bau einer Saalebrücke aus Eisenbeton bei Alsleben".

deren Fundamente durch vorgespannte Zugbänder aus hochwertigem Stahl zusammengehalten werden. Die Zugbänder sind für Eigengewicht und halbe Verkehrslast dimensioniert. Die Schwankungen des Horizontalschubes werden von den Fundamenten aufgenommen. Fig. 1 zeigt den Schnitt durch das Auflager eines derartigen Bogens. Das Zugband besteht aus mehreren

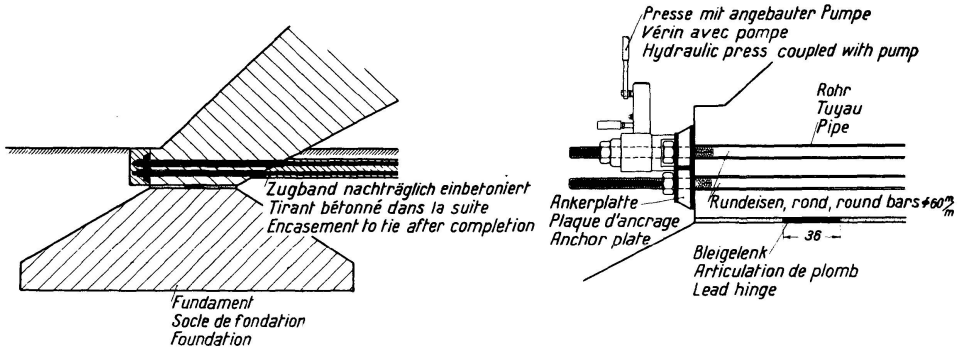

Fig. 1.
Auflager eines 100 m Bogens mit vorgespanntem Zugband — Appui d'un arc de 100 m avec tirant précontraint — Support of an arch of 100 m span with pre-stressed tie.

Eisen Ø 60 mm und wird in Rohren lose durch das Auflager geführt. Die Verankerung wird mit verdickten Anschweißenden, Gewinden, Muttern und eisernen Druckplatten vorgenommen. Die Verkürzung der Eisen wird mittels einer hydraulischen Presse ausgeführt, die zentrisch auf das verlängerte Anschweißende aufgesetzt wird. Die einzelnen Eisen werden nacheinander, und zwar gleichlaufend mit der Ausrüstung des Bogens ausgezogen, um Über-

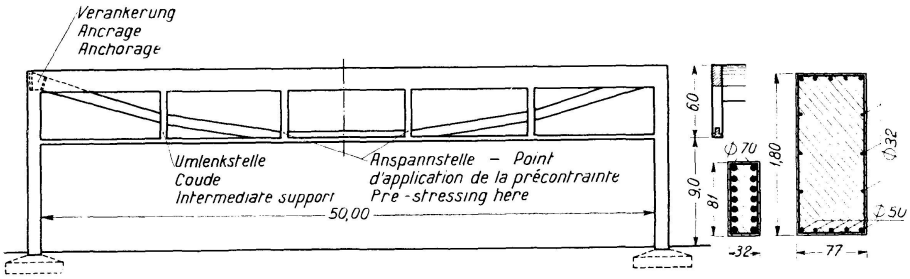

Fig. 2.
Hängewerk mit Vorspannung — Contre-fiche précontrainte — Pre-stressed strengthening arrangement.

beanspruchungen der Fundamente zu vermeiden. Als Maßstab für die eingetragene Kraft wird die Verlängerung der Eisen verwendet, welche im vorliegenden Fall ca. 100 mm beträgt. Nach erfolgter Anspannung werden die Eisen einbetoniert.

Ein zweites Beispiel einer vorgespannten Konstruktion[3]) ist der in Fig. 2 dargestellte 50 m weit gespannte Abfangeträger einer Flugzeughalle, welcher als Hängewerk mit einem geraden Obergurt und einem der Stützlinie folgenden geknickten Zugband ausgeführt ist. Die Konstruktion hat die verteilte Last von 15 t/m von fünf 35 m weit gespannten Schalenträgern und die wandernden Einzellasten von 40 t einer Kranbrücke zu tragen. Diese

[3]) Ausführungen der Dyckerhoff & Widmann K. G., Berlin, siehe auch MEHMEL: „Neuzeitliche Flugzeughallen", Zentralblatt der Bauverwaltung 1937, Heft 9.

Lasten ruhen mittels vier Stützen auf dem Zugband auf. Ohne die Anwendung der Vorspannung hätte die Durchsenkung beim Ausrüsten ca. 13 cm betragen, wodurch der Obergurt unzulässige Biegungsspannungen erhalten hätte. Die Vorspannung wurde durch eine gleichzeitig mit dem Ausrüsten vor sich gehende Verlängerung der beiden mittleren Pfosten um 22 cm erzeugt. Das Maß der Verlängerung wurde so gewählt, daß der Obergurt im mittleren Lastfall frei von Biegungsspannungen bleibt. Das Zugband besteht aus 70 mm starken Rundeisen aus St 52 und wurde erst nach dem Ausrüsten der Konstruktion ummantelt. Zur Verlängerung der Pfosten wurden je zwei Pressen von 100 t Tragkraft angesetzt (Fig. 3). An den beiden anderen Umlenkpunkten wurde das Zugband über Pendel geführt. Besonders interessant ist die Verankerung der 1100 t betragenden Kraft des Zugbandes in dem mit 70 kg/cm² zentrischer Pressung beanspruchten Druckgurt. Die Eisen werden strahlenförmig auseinandergezogen und münden in eine Druckplatte von der Größe des Obergurtquerschnittes ein. An der gleichen Druckplatte werden die Druckeisen des Obergurtes verankert, um einen homogenen Anschluß des Druckgurtes zu erzielen. Es gelang die Verankerung dieser großen Kräfte, ohne eine sichtbare Verstärkung des Ankerpunktes vorzunehmen.

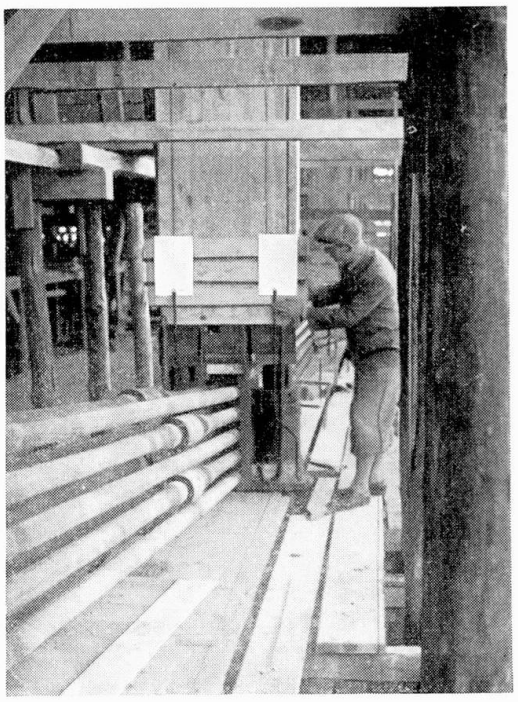

Fig. 3.

Die Fortentwickelung dieser Konstruktion führt zur Anwendung der Vorspannung auf Balkenträger, wobei anstelle der einbetonierten Zugeisen Zugbänder treten, welche gleichzeitig mit dem Ausrüsten vorgespannt werden. Der Unterschied gegenüber den vorher behandelten Bogenkonstruktionen besteht darin, daß man bei den Balken nicht nur Nebenspannungen eines schlanken Druckgurtes ausschaltet, sondern auch den Spannungszustand des Haupttragsystems willkürlich beeinflußt. Es ist nicht mehr ein schlanker Druckgurt vorhanden, der gegenüber dem auf Zug und Druck wirkenden Grundsystem sehr biegsam ist. Es ist sogar umgekehrt der Druckgurt steifer als das Grundsystem, da seine Konstruktionshöhe größer als der Stich des Grundsystems ist. Aus diesem Grund und wegen der flachen Pfeilverhältnisse reagieren Konstruktionen dieser Art sehr stark auf jede Längenänderung der Druck- oder Zuggurte, wie sie durch Schwinden, Kriechen oder Temperaturdifferenzen hervorgerufen werden.

Der erste Vorschlag dieser Art wurde vom Verfasser 1930 beim Wettbewerb Dreirosen-Brücke in Basel gemacht (Fig. 4), bei dem drei Öffnungen von 50 + 100 + 50 m zu überbrücken waren. Der Vorschlag sieht ein System von zwei paarweise aus den Strompfeilern ausladenden Kragarmen von je 50 m Spannweite vor, deren uferseitige Enden auf den Landpfeilern auflagern, während die beiden in Strommitte liegenden Enden durch ein Pendelgelenk verbunden sind, welches nur Querkräfte überträgt. Die Kragarme

sind als Kastenträger ausgebildet. Der Druckgurt besteht aus einer gewölbeartigen Platte, deren Form dem Moment folgt, so daß die Horizontalkomponente der Druckkraft konstant ist. Der Zuggurt ist durch die Fahrbahn gebildet. Um diese von Zugspannungen frei zu halten, wird sie durch ein Zugband vorgespannt, welches aus 42 verschlossenen Drahtseilen besteht. Die Stirnwände bilden die Schubverbindung zwischen Druck- und Zuggurt des Kastenträgers, der die Verkehrslastmomente aufnimmt. Die Achsen der Fahrbahn und des Zugbandes fallen zusammen und schneiden sich in der Verankerungsstelle mit der Achse des Druckgurtes. Die künstlich einzubringende Zugbandkraft ist mit einem gewissen Sicherheitszuschlag größer als die jemals auftretende Biegungszugkraft des Kragträgers, sodaß die den Zuggurt bildende Fahrbahnplatte immer unter Druck steht. Die mit 6000 kg/cm² vorgespannten Kabel werden um 400 mm gedehnt. Bei Aufbringen von Ver-

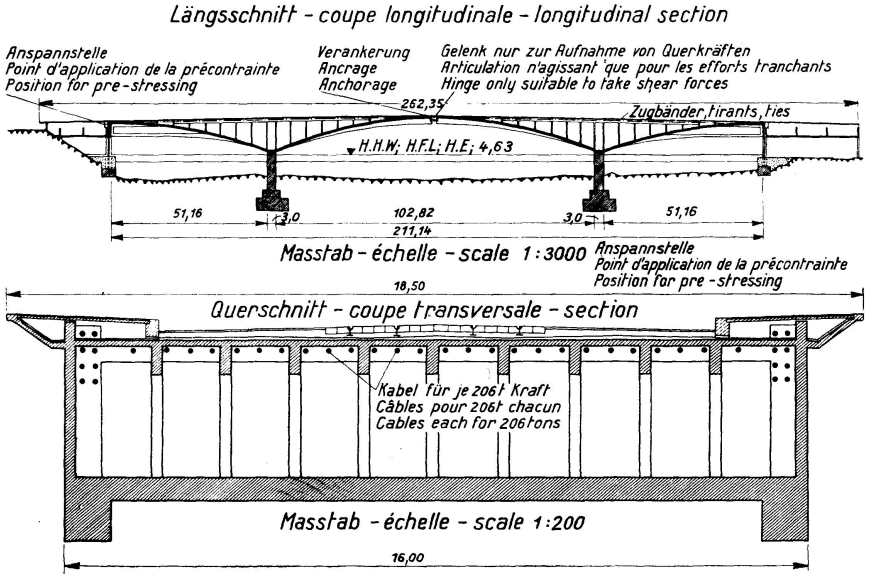

Fig. 4.
Dreirosen-Brücke, Basel. Entwurf vom 15. Oktober 1930 — Pont des Trois-Roses à Bâle. Projet du 15 octobre 1930 — Bridge of the Three Roses, Basle. Proposed Design dated October 15th, 1930.

kehrslasten wird die Fahrbahn von ihrem vorgenannten Druck entlastet und dehnt sich. Diese Dehnung wird von den Kabeln mitgemacht, ist jedoch im Vergleich zu derjenigen durch die Vorspannung gering und ändert die Kabelkraft daher nur wenig. Die Schwankung der Zugkraft infolge der wechselnden Verkehrslasten wird also im wesentlichen durch eine wechselnde Druckkraft in der Fahrbahnplatte ausgeglichen. Durch die Verwendung der sehr elastischen Kabel ist dieses System gegenüber den unsicheren Längenänderungen des Betons wenig empfindlich. Die Kabel selbst können im Voraus genügend gereckt werden, um in ihrem Arbeitsbereich ein elastisches Verhalten sicherzustellen. Für den Notfall war eine Nachstelleinrichtung für die Kabel vorgesehen.

Wie bereits erwähnt, muß die Vorspannung mit einem Sicherheitszuschlag versehen werden, um auch bei Überlastungen der Konstruktion eine Druckkraft in der Fahrbahnplatte sicher zu stellen. Im anderen Fall wäre ein rasches Erreichen des Bruchstadiums durch ein Überschreiten der Zugfestigkeit der Fahrbahnplatte zu befürchten. Ein anderer Weg zur Erreichung

der notwendigen Sicherheit ist die Einlage von gewöhnlichen, nicht vorgespannten Eisen in die Fahrbahn. Diese Eisen sollten so bemessen werden, daß bei sorgfältiger Beachtung aller Einflüsse eine angemessene Sicherheit erreicht wird.

Diese Sicherheitszuschläge lassen sich in einer Reihe von Fällen vermeiden, wenn man die Vorspanneisen nach dem Anspannen durch Einbetonieren in den Trägerquerschnitt einbezieht. Daraus ergibt sich, daß man keine Kabel, sondern Rundeisen, zweckmäßig solche aus hochwertigem Stahl, verwenden muß. Man erreicht damit, daß das Vorspannsystem mit dem Betonträger ein einheitliches Tragsystem bildet, während vorher zwei gekoppelte Tragsysteme vorhanden waren, deren Beteiligung an der Tragwirkung durch

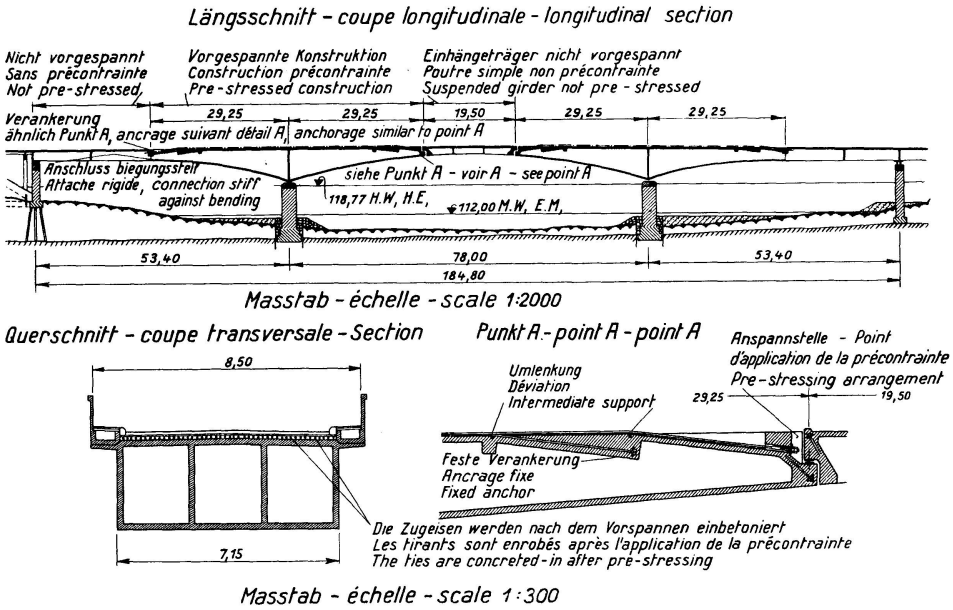

Fig. 5.
Entwurf Brücke Neumagen — Projet du pont de Neumagen — Proposed design for bridge in Neumagen.

die Elastizitätsverhältnisse bestimmt ist. Bei Schwinden, Kriechen und Überlastungen treten wegen der Verwendung steiferer Eisen zwar größere Kräfteverlagerungen von den Vorspanneisen zur Fahrbahn auf, wie bei dem vorher beschriebenen System, jedoch wird der Lastanteil, den das Vorspannsystem nicht mehr trägt, von den gleichen Eisen, jedoch als Bewehrung eines normalen Eisenbetonträgers getragen. Betonzugspannungen sind dadurch zwar noch vorhanden, jedoch in viel kleinerem Maße als bei einer nicht vorgespannten Konstruktion.

Dieses zweite System eines vorgespannten Balkens ist in Fig. 5 dargestellt. Es handelt sich um einen dreifeldrigen Gerberträger von 53 + 78 + 53 m Spannweite, bei welchem die Anspannung aus praktischen Gründen auf den Bereich der negativen Momente beschränkt ist. Die aus St 52 bestehenden Eisen von 60 mm Ø liegen auf der Fahrbahnplatte und werden an den Verankerungen nach unten abgeknickt, wodurch sie Querkräfte übernehmen und sich dem Momentenverlauf anpassen. Nach erfolgter Anspannung werden sie in eine Verstärkung der Fahrbahnplatte einbetoniert.

Eine weitere Abart dieser Konstruktion, die in ihrer Kräftewirkung vollkommen klar ist, erhält man durch Anordnung von Gelenken, welche den

Zusammenhang zwischen den beiden gekoppelten Tragsystemen statisch bestimmt macht. In dem vorliegenden Beispiel (Fig. 6) ist dieses System für einen dreifeldrigen Gerberträger von 25 + 70 + 25 m Spannweite dargestellt.

Der Kragträger ist über der Stütze durch eine Fuge zerschnitten und wird lediglich durch das an seinem Ende verankerte Zugband gehalten. Die Mitwirkung des Eisenbetonkastens an der Aufnahme von Kragmomenten, die bei den vorhergehenden Systemen die Veränderlichkeit in der Kräfteverteilung verursachte, ist durch die Fuge ausgeschaltet. Der Druckgurt, der wieder der Momentenlinie folgt, setzt sich mit einem Gelenk auf den Pfeiler auf. Das Zugband stützt sich mittels Rollenlagern auf die Querträger ab, ist also auf der ganzen Länge des Trägers lose geführt und nur an den Enden ver-

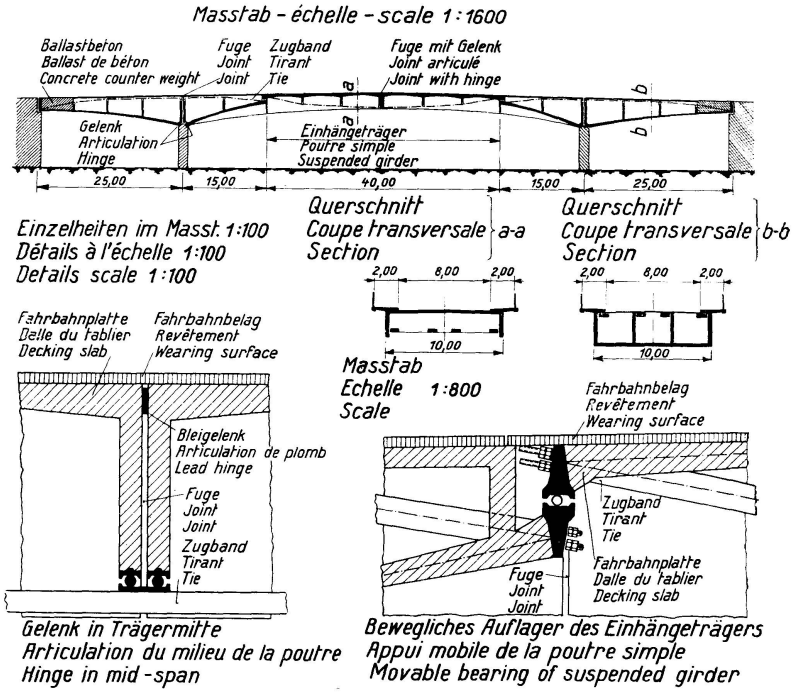

Fig. 6.
Straßenbrücke — Pont-route — Road Bridge.

ankert. Sein Horizontalzug ist statisch bestimmt und auf der ganzen Länge des Trägers konstant.

Der Betonbalken des Einhängeträgers von 40 m Spannweite besteht aus zwei Hälften, die in Feldmitte durch ein Gelenk in Höhe der Fahrbahnplatte verbunden sind. Die Zugeisen stützen sich hängewerkartig an den Querträgern mittels Rollenlagern ab und sind an den Auflagern in der Fahrbahnplatte verankert. Durch die Anordnung des Gelenkes hat der Betonträger die Eigenschaft verloren, über die ganze Spannweite zu tragen, so daß nunmehr das Zugband mit dem Druckgurt die gesamte Hauptträgerwirkung übernimmt. Die durch die Eisen eingebrachte Kraft ist deshalb nicht bei den verschiedenen Lastfällen im wesentlichen konstant, sondern sie ändert sich gleichlaufend mit der Belastung. Der Betonträger hat dementsprechend nur kleine Ausgleichmomente zwischen dem Auflager und dem Gelenkpunkt zu übernehmen, zu deren Aufnahme zwei schmale Längsträger in 10 m Abstand völlig ausreichen. Die Fahrbahnplatte wird verstärkt und als Druckgurt des Hängewerkes ausgebildet. Die Platte ist zwischen die Querträger gespannt. Durch eine leichte Wölbung ihrer Unterseite werden Exzentrizi-

täten der Druckkraft erzeugt, welche die Momente für verteilte Lasten kompensieren. Nur Einzellasten erzeugen Biegungsspannungen, die jedoch gegenüber der Druckvorspannung klein sind[4]).

Durch Wahl der Höhenlage der Verankerungs- und Umlenkpunkte kann man den Spannungszustand des Trägers mit Ausnahme des Gelenkpunktes an allen Stellen willkürlich beeinflussen. Die Höhenlage wird durch Rechnung so bestimmt, daß die Randspannungen in den ungünstigsten Lastfällen ausgeglichen sind. Es ist auf diese Weise möglich, Balkenträger so zu konstruieren, daß Zugspannungen im Beton mit Sicherheit vermieden werden.

Ein künstliches Einbringen der Zugbandkraft mit Pressen oder ähnlichen Mitteln ist bei diesem System nicht nötig, wenn der Balken mit der notwendigen Überhöhung betoniert wird, da beim Ausrüsten die Konstruktion automatisch richtig in Spannung kommt.

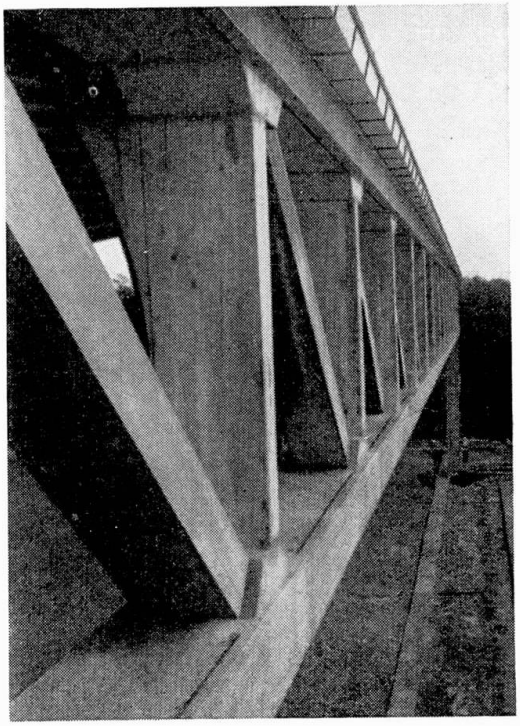

Fig. 7.

Es könnte nun eingewendet werden, daß das System zu wenig steif sei. Man muß hier zwischen dem Einfluß der ständigen Last und dem der Verkehrslast unterscheiden. Die Durchbiegung aus ständiger Last wird bei der Herstellung durch eine Überhöhung ausgeglichen. Durch das Schwinden und Kriechen des Betons tritt jedoch nach dem Ausrüsten noch eine weitere Durchbiegung ein, welche bei 0,15 ‰ Schwindung und einem Abfall des Moduls der Formänderung auf 100 000 kg/cm² ca. $\frac{1}{500}$ der Spannweite beträgt. Sie kann wegen der Gelenke durch ein Nachstellen der Zugbänder unschwer rückgängig gemacht werden, wenn dies wünschenswert erscheint.

Die Durchbiegung aus Verkehrslast ist gering, da der Beton gegenüber kurz andauernden Belastungen einen hohen Modul der Formänderung besitzt. Zur weiteren Verminderung der Durchbiegungen ist es zweckmäßig, die Zugbandeisen bei Vollbelastung des Trägers zu ummanteln, wodurch der Zuggurt steifer wird. Die Durchbiegung infolge Verkehrslast auf der Mittelöffnung beträgt dann $\frac{1}{1240}$ der Spannweite und ist kaum halb so groß wie bei einer eisernen Brücke.

Trotz der großen Schlankheit des Trägers und seiner beträchtlichen Spannweite von 70 m sind die größten Kantenpressungen bei geringer Bewehrung nur 60 kg/cm².

[4]) Hängewerkartige Zugbänder in Balken wurden erstmalig von Dischinger vorgeschlagen, jedoch nicht in Verbindung mit Gelenken im Balken. Diese Zugbänder spannen sich deshalb nicht selbsttätig durch die Lasten, sondern werden künstlich durch Pressen gespannt. Wegen des Nachlassens dieser Spannung infolge des Kriechens des Betons wird von Zeit zu Zeit nachgespannt. Näheres: Dischinger, „Ausschaltung der Biegezugspannungen bei Balken- und Stabbogenbrücken", Vorbericht des II. Kongresses der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau 1936.

Noch auf einem weiteren Gebiet ist es dem Verfasser gelungen, den hochwertigen Stahl in eine zweckentsprechende Verbindung mit dem Eisenbeton zu bringen, nämlich bei den Fachwerkträgern (Fig. 7) [5]. Bekanntlich haben Konstruktionen dieser Art sehr hohe Nebenspannungen, welche durch die mit den Dehnungen zusammenhängenden Winkeldrehungen der Fachwerkstäbe erzeugt werden. Auch ist es schwierig, die Zugkräfte ordnungsgemäß am gedrückten Beton zu verankern, so daß man Fachwerke nicht als materialgerechte Eisenbetonkonstruktionen ansieht. Die statischen Verhältnisse können nun in ausschlaggebender Weise dadurch verbessert werden, daß die Zugstäbe des Fachwerks erst nach dem Ausrüsten der Konstruktion ummantelt werden. Fachwerke dieser neuen Art wurden als Randträger von Schalengewölben mit Spannweiten bis zu 60 m mit bestem Erfolg ausgeführt[3]). Es wurden hierbei Parallelträger mit Druckpfosten und Zugdiagonalen verwendet. Da die Zugstäbe als Bündel von Rundeisen ausgeführt sind, können sie die erforderlichen Winkeldrehungen zwanglos mitmachen. Die Pfosten werden zwar ge-

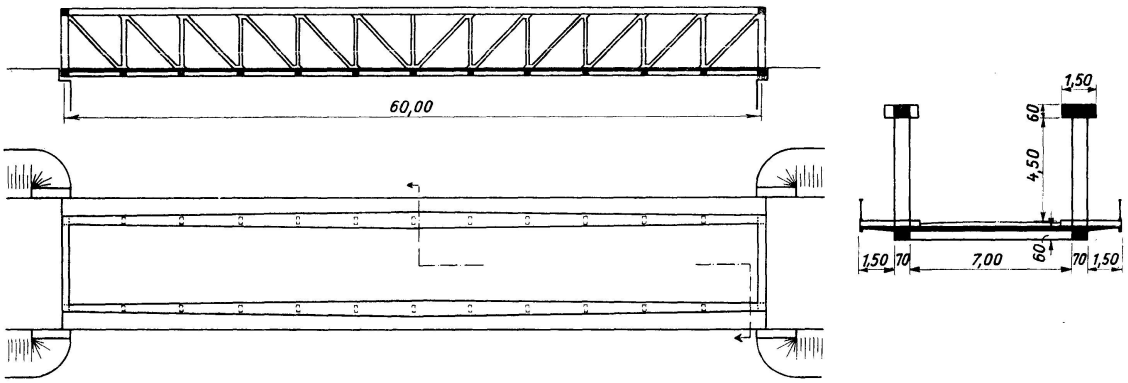

Fig. 8.
Fachwerkbrücke in Eisenbeton — Pont à poutres réticulées en béton armé — Latticed truss bridge in reinforced concrete.

bogen, erhalten jedoch bei schlanker Ausführung keine Biegungszugspannungen. Für die Zugstäbe werden starke Rundeisen in geringer Zahl verwendet, die in den betonierten Knoten mittels Muttern und Stahlplatten verankert werden. In jedem Knoten wird die gesamte Kraft der Diagonale verankert, nachdem sie in einem schlanken Bogen durch den Knoten geführt worden ist. Die Gegenkraft des Untergurtes wird ebenfalls durch den Knoten geführt und auf der Gegenseite verankert. Da der Knotenpunkt hierdurch unter starkem Druck steht, ist er befähigt, den Ausgleich der Stabkräfte in sehr vollkommener Weise herbeizuführen.

Der größte Träger, der als Randträger von Schalendächern ausgeführt wurde, enthält im Untergurt 16 Rundeisen aus St 52 von 60 mm Ø. Mit dem gleichen Zuggurt läßt sich eine Brücke erster Klasse mit doppelter Fahr- und Gehbahn von 60 m Stützweite bei 5 m Systemhöhe konsturieren (Fig. 8). Da der Anteil der nach dem Ausrüsten aufzubringenden Last bei einer Brücke größer ist als bei einer Halle, ist es vorteilhaft, die ausgerüstete Brücke vor dem Ummanteln der Zugstäbe mit einer die Vollast vertretenden Sandlast zu belasten. Da die Zugstäbe auf diese Weise in ihrer größten Spannung einbetoniert werden, wird der Beton der Ummantelung in allen kommenden

[5]) Finsterwalder, „Eisenbetonträger mit selbsttätiger Vorspannung", „Der Bauingenieur" 1938, Heft 35/36.

Lastfällen unter Druck stehen. Zweifellos erhält man hierdurch einen Träger von größter Solidität, der gegenüber Eisenträgern manche Vorteile besitzt. Da das Gewicht der Hauptträger um 1/3 der Gesamtlast der Brücke ausmacht, ist die Vergrößerung des Gewichtes gegenüber einem Eisenträger nicht ausschlaggebend, sodaß eine Konkurrenzfähigkeit durchaus als gegeben erscheint.

Bei allen hier beschriebenen Konstruktionen [6]) liegt der wirtschaftliche Vorteil neben der Verwendung von hochwertigem Stahl in einer beträchtlichen Verringerung der Betonmassen, die durch die Herausnahme der Zugeisen aus dem eigentlichen Betonquerschnitt erzielt wird. Die Verminderung des Bewehrungsprozentsatzes ermöglicht eine Vereinfachung und Verbesserung der Ausführung. Der wichtigste technische Fortschritt liegt aber zweifellos in der Ausschaltung der Zugspannungen des Betons durch eine naturgemäße Verwendung der beiden Materialien, des hochwertigen Stahles für ein reines Zugglied und des Betons für ein der Stützlinie der Lasten und Zugbandkräfte angepaßtes Druckglied. Es ist zu hoffen, daß hiermit ein weiterer Schritt zur Vervollkommnung unserer Ingenieur-Konstruktionen getan wird.

Zusammenfassung.

Die Anwendung des hochwertigen Stahls in Form von künstlich vorgespannten Zugbändern wird anhand ausgeführter Beispiele am Bogen und Zugband und am Hängewerk beschrieben. Anschließend wird eine Entwickelungsmöglichkeit für Balkenträger gebracht, deren Zugeisen aus dem Betonquerschnitt als besondere Zugbänder herausgenommen werden. Es wird gezeigt, wie Balkenträger größter Spannweite unter Ausschaltung von Zugspannungen im Beton ausgeführt werden können, indem der Betonträger als ein der Stützlinie der Lasten und Zugbandkräfte angepaßtes Druckglied konstruiert wird. Im besonderen wird dieses Verfahren an einem ausgeführten 60 m weit gespannten Eisenbetonfachwerkträger dargestellt.

Résumé.

L'acier à haute résistance peut être utilisé dans la construction de béton armé sous forme de tirants mis en tension préalable. L'auteur du présent mémoire nous donne quelques exemples d'application: arcs avec tirants et poutres à contre-fiches actuellement en service. Cette méthode d'application est encore susceptible de développement, spécialement dans les systèmes en poutres où il est possible de sortir les fers de traction de la section de béton et de les disposer sous forme de tirant absolument distinct. L'auteur montre ensuite que cette méthode permet de construire des systèmes en poutres de très grande portée tout en éliminant toute traction du béton; la poutre de béton devient un élément de pure compression adopté au funiculaire des charges et à la tension du tirant. Cette méthode a été appliquée à la construction d'une poutre triangulée en béton armé de 60 m de portée.

---

[6]) Der Träger mit Vorspannung und der beschriebene Fachwerkträger sind der Firma Dyckerhoff & Widmann K. G. in den wichtigsten Ländern gesetzlich geschützt.

Summary.

The application of high tensile steel in the form of artificially pre-stressed tensile ties is described by reference to examples of bow-string arches and suspenders. Arising out of this a form of girder design is suggested in which the tensile steel would be taken out of the concrete section and provided in the form of tensile ties. It is shown that girders of very large span could be built in this way without giving rise to tensile stresses in the concrete, the concrete girder being built as a compression member to suit the pressure line of the loads imposed on it, including those from the ties. In particular, this method is explained by reference to a reinforced concrete framed girder of 60 m. span which has been constructed.