

Vorträge der Sektion für Eisenbetonbau

Lectures of the Section for Reinforced Concrete Constructions

Conférences de Section pour les Constructions en Béton Armé

Professor SPANGENBERG, München:

Die Lechbrücke bei Augsburg

Die neue Straßenbrücke über den Lech bei Augsburg übertrifft nicht nur durch ihre Lichtweite von 84,4 m alle deutschen Eisenbetonbrücken, sondern sie ist mit ihrem Dreigelenkbogen von rd. $\frac{1}{12}$ Stich auch die flachste unter den bis jetzt ausgeführten Wölbbrücken großer Spannweite. Die Breite der Brücke beträgt 17,0 m, davon entfallen 11,0 m auf die Fahrbahn und je 3,0 m auf die beiden Fußwege. Die Gelenke, die als Stahlguß-Wälzelenke ausgebildet sind, liegen an den Kämpfern auf 3,8 m langen Kragarmen der Widerlager, sodaß die Stützweite des Dreigelenkbogens auf 76,8 m eingeschränkt ist. Die Pfeilhöhe ist 6,45 m, womit sich das Pfeilverhältnis $\frac{f}{l} = \frac{1}{11,9}$ und der Wert $\frac{l^2}{f} = 915$ ergibt. Das Neuartige an der Brücke ist die Auflösung des Bogenquerschnittes in vier hohle, rechteckige Eisenbetonrippen. Dieselbe Querschnittsform ist gleichzeitig, ganz unabhängig von dieser Ausführung, auch für die weitestgespannte Eisenbetonbrücke Englands, die Tweed-Brücke bei Berwick, angewandt worden.

Die neue Lechbrücke wurde wie zahlreiche andere bemerkenswerte Brückenbauten im Rahmen des Straßenbauprogramms erbaut, das die Bayerische Staatsbauverwaltung unter der tatkräftigen Leitung von Ministerialrat VILBIG zurzeit durchführt; bauleitende Behörde war das Bayerische Straßen- und Flußbauamt Augsburg. Das Bauwerk wurde von der Firma WAYSS & FREYTAG A.-G. unter Leitung von Direktor MUY entworfen, als Mitarbeiter war besonders Oberingenieur DEININGER tätig, der auch die nicht einfache und in jeder Beziehung mustergültige Bauausführung überwachte. Der Verfasser war für diesen Brückenbau sachverständiger Berater der Bauherrschaft und der Unternehmung, er hatte die statischen Berechnungen zu prüfen und konnte eine Reihe grundsätzlicher Fragen der Konstruktion mitentscheiden helfen.

Zur Erlangung von Vorentwürfen für den Brückenbau wurde im Frühjahr 1927 ein Wettbewerb veranstaltet, bei dem 20 Entwürfe in Eisenkonstruktion und 21 Entwürfe in Eisenbeton eingingen. Über das Ergebnis dieses Wettbewerbes ist in der Zeitschrift „Die Bautechnik“ 1927, Heft 36, von Oberbauamtmann KNAB und Regierungsbaumeister HUBINGER berichtet worden. Da keiner der Entwürfe eine

völlig befriedigende Lösung ergab, mußte noch eine engere Ausschreibung veranstaltet werden, für die auf Grund der beim Wettbewerb gewonnenen Erfahrungen sehr genaue technische Richtlinien vorgeschrieben wurden, sodaß ein einwandfreier Vergleich der Entwürfe, besonders auch in wirtschaftlicher Beziehung, möglich war.

Die neue Brücke bildet den Ersatz einer im Jahre 1891 erbauten eisernen Fachwerkbrücke, die in ihren Abmessungen und in ihrer Tragfähigkeit den heutigen Verkehrsansprüchen nicht mehr genügte. Bei der Gestaltung der neuen Brückenkonstruktion durfte nicht außer acht gelassen werden, daß in einem Abstand von nur 200 m flußaufwärts eine Eisenbahnbrücke über den Lech führt, die als eiserne Bogenbrücke mit Zugband ausgebildet ist. Die nahe Nachbarschaft dieses Bauwerkes mit seinen hoch über das Gelände sich erhebenden schweren Fachwerk-Bogenträgern ließ es aus ästhetischen Gründen geboten erscheinen, für die neue Straßenbrücke eine Konstruktion mit oberliegender Fahrbahn zu wählen, wobei eine Hebung der Straßenplanie bis zu 2 m als zulässig erachtet wurde. Bei dem zur

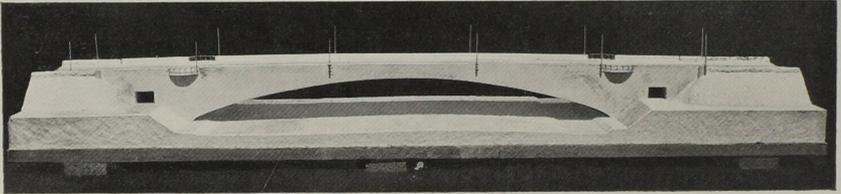


Abb. 1. Modell des Ausführungsentwurfes

Ausführung gewählten Entwurf der Firma WAYSS & FREYTAG, dessen Modell Abb. 1 zeigt, beträgt diese Hebung nur 1,5 m im Scheitel, unter Einhaltung eines Längsgefälles der Fahrbahn von 2‰ nach beiden Ufern.

Die Architektur dieses Entwurfes stammt von Prof. BONATZ in Stuttgart. Um eine möglichst ruhige, geschlossene Wirkung zu erzielen, sind die Stirnwände und Brüstungen mit den Stirnflächen des Bogens in eine Ebene gelegt. Auch die Vorderflächen der Widerlager und Flügelmauern liegen in derselben Ebene, wodurch der Gesamteindruck des langgestreckten kühnen Bauwerkes noch gesteigert wird. Jedwede Gliederung der Flächen ist vermieden, nur über den Kämpfern sind Kanzeln mit durchbrochenen, eisernen Geländern ausgekragt, um auf diese Weise die Höhenlage der Fahrbahn in der Brückenansicht zu betonen und zugleich einen Maßstab für die Größenverhältnisse des Bauwerkes zu geben. Sämtliche Betonsichtflächen sind einheitlich mit dem Krönel steinmetzmäßig bearbeitet. Die Durchgangsöffnungen in den Widerlagern sind übrigens bei der Ausführung noch etwas vergrößert worden, was der architektonischen Erscheinung der Brücke zugute kommt.

Im engsten Wettbewerb mit diesem Entwurf stand eine eiserne Balkenbrücke von 83,4 m Stützweite mit fünf vollwandigen Hauptträgern aus Siliziumstahl. Wie sich besonders an Hand eines Modelles feststellen ließ, versprach jedoch die Blechbalkenbrücke hier keine günstige architektonische Wirkung, weil die rd. 5 m hohe Tragkonstruktion sehr nahe über dem Wasserspiegel zu liegen gekommen wäre. Außerdem war diese Brücke 10000 Mk. teurer angeboten als der Entwurf von WAYSS & FREYTAG A.-G., dessen Längsschnitt und Grundriß Abb. 2a und 2b zeigt.

Gegründet ist das Bauwerk auf den sogenannten Flinkzletten, der in rd. 10 m Tiefe unter der Flußsohle ansteht und den Charakter eines festen, nur mit dem Pickel zu gewinnenden Mergelbodens hat. Es ist üblich, diesen Flinkboden bei gleichmäßiger guter Beschaffenheit mit 5 kg/qcm zu beanspruchen, wie es auch hier

bogens geht aus dem Längsschnitt Abb. 2a hervor, wobei rechts der Schnitt durch eine Kastenrippe dargestellt ist, während links die Querverbände zwischen zwei solchen Rippen geschnitten sind. Die Bogenstärke beträgt 1,40 m im Scheitel, 2,0 m in der Bruchfuge und 1,6 m am Kämpfer. Die Kastenrippen selbst sind in Abständen von 3,5 m durch 25 cm starke Querschotten ausgesteift, welche Mannlöcher besitzen, um die Entfernung der Innenschalung der Kästen und eine spätere Revision zu ermöglichen. In das Innere der Kästen gelangt man durch Einsteigöffnungen, die ungefähr in der Mitte zwischen Scheitel und Kämpfer in den oberen Druckplatten der hohlen Rippen vorgesehen sind. Jede zweite Schotte läuft auf die ganze Brückenbreite, gleichfalls in 25 cm Stärke, als Querversteifung der vier Kastenrippen durch, um eine gemeinsame Lastübertragung durch die Rippen zu gewährleisten. Der Aufbau auf den Bogenrippen bietet nichts Besonderes, die Fahrbahntafel ist als kreuzweiss bewehrte Platte von 18,5 cm Stärke zwischen Längs- und Querträgern ausgebildet und wird von Eisenbetonsäulen getragen, die über den Querwänden der Kastenrippen stehen.

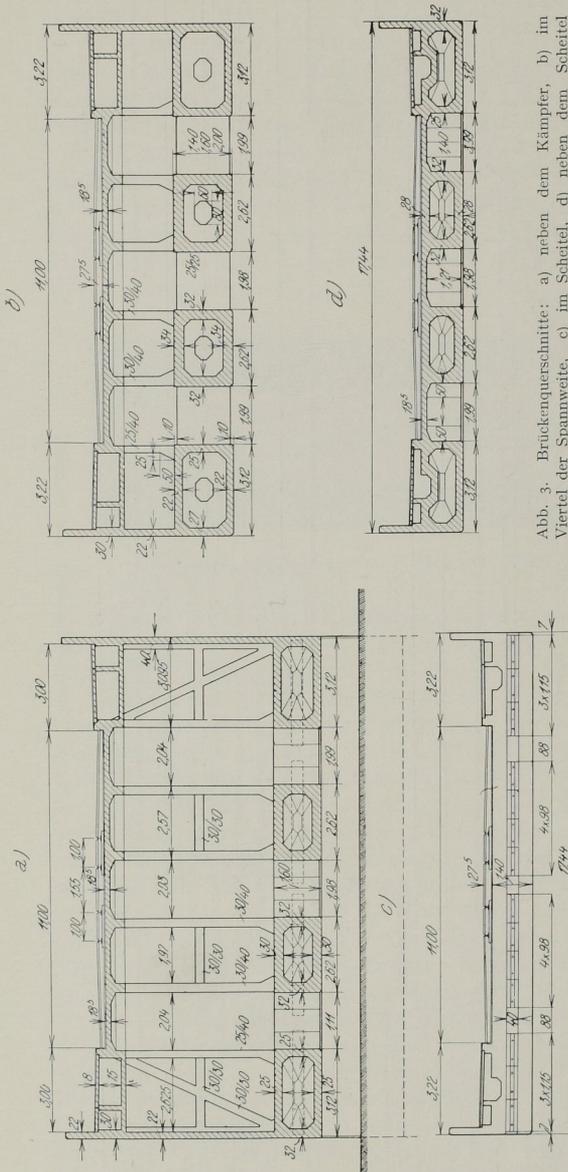


Abb. 3. Brückenquerschnitte: a) neben dem Kämpfer, b) im Viertel der Spannweite, c) im Scheitel, d) neben dem Scheitel

Die weitgehende Auflösung der Gewölbekonstruktion läßt bereits der Grundriß (Abb. 2b) erkennen. Deutlicher noch ergibt sich das Wesen der Konstruktion aus den Brückenquerschnitten, Abb. 3a bis d. Bei dem Wettbewerb war von der Firma WAYSS & FREYTAG A.-G. ein auf die ganze Breite durchgehender Zellenquerschnitt mit einer leichten Auskrägung der Fußwege vorgeschlagen worden.¹ Da bei der engeren Ausschreibung mit Rücksicht auf die äußere Erscheinung

der Brücke auskragende Fußwege nicht gestattet waren, hätte sich der Zellenquerschnitt, auf die ganze Brückenbreite erstreckt, nicht genügend ausnutzen lassen.

¹ Vgl. die Abb. 13 in der Zeitschrift „Der Bauingenieur“ 1928, S. 684.

Es wurde daher eine weitergehende Gliederung des Querschnittes, zum Teil auch mit doppel-T-förmigen Rippen, versucht und schließlich kam man auf Vorschlag des Verfassers zu den vier Kastenrippen, die in Abb. 3a bis d in verschiedenen Brückenquerschnitten dargestellt sind. Die Breite der einzelnen Kästen beträgt 2,62 m unter der Fahrbahn und 3,12 m unter den Fußwegen. Um die zulässige Beanspruchung möglichst gleichmäßig auszunutzen, sind die Wandstärken der Fußwegrippen etwas schwächer als diejenigen der Fahbahnrippen, auch wechselt die Wandstärke der einzelnen Kastenrippen etwas in der Längsrichtung der Brücke. Im ganzen schwanken diese Stärken zwischen 22 und 34 cm.

Am Scheitel und am Kämpfer sind die vier Hohlquerschnitte durch kräftige horizontale und vertikale Vouten in massive Querhäupter übergeführt, welche die ganze Brückenbreite einnehmen und die Stahlgelenke tragen (vgl. Abb. 2a und 2b). Die Gelenke erstrecken sich auf eine größere Breite als die Kastenrippen, wodurch es ermöglicht wurde, mit der geringen Gelenkhöhe von 40 cm auszukommen. Dafür mußten die Gelenkträger sehr kräftig ausgebildet und entsprechend reichlich armiert werden. Die Konstruktion der Wälzgelenke ist die übliche, die Sicherung gegen die Querkkräfte erfolgt durch Kupillen; das Versetzen der einzelnen Gelenkstücke geschah in bekannter Weise mit Hilfe von Stellschrauben und Winkel-eisen. Den normalen Quer-schnitt, etwa im Viertel der

Spannweite, zeigt Abb. 3a, am Kämpfer sind die hohen Säulen durch Querriegel und Schrägstreben versteift (Abb. 3b), in der Scheitelgegend fällt die Fahrbahnkonstruktion mit den oberen Druckplatten der Kastenrippen bzw. mit dem Druckhaupt selbst zusammen (Abb. 3c) Die Versorgungsleitungen liegen unter den beiden Gehwegen; ihre Durchführung wird am Scheitel durch das durchgehende Druckhaupt erschwert. Es mußten deshalb Ausklinkungen an dem Druckhaupt und Auskröpfungen an den anschließenden Teilen der

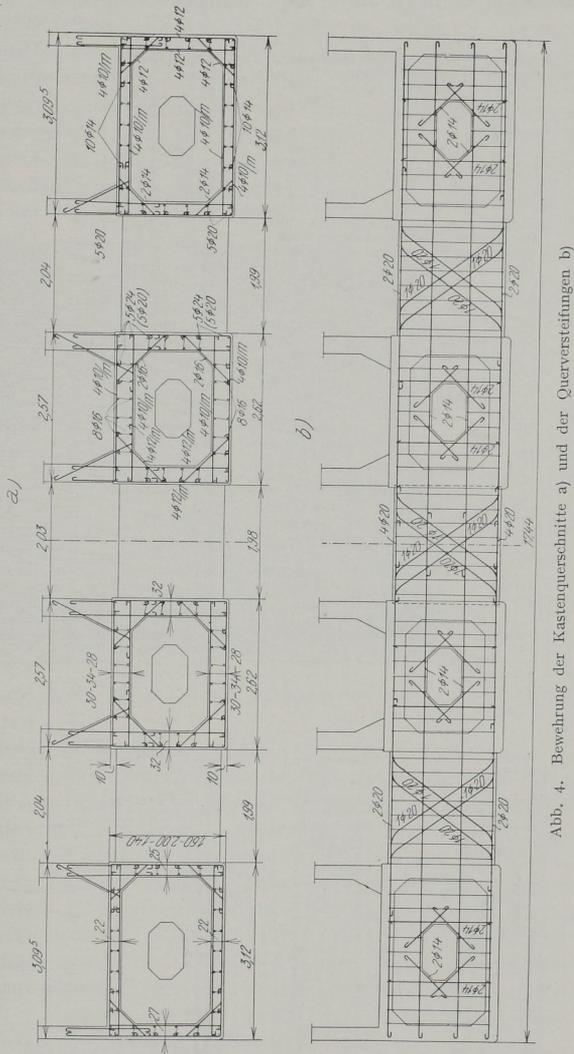


Abb. 4. Bewehrung der Kastenquerschnitte a) und der Querversteifungen b)

beiden Gehweg-Kastenträger in Kauf genommen werden, wie die Abb. 3c und 3d zeigen.

Die Abb. 4a und 4b lassen die wohl durchdachte und sehr gut durchgearbeitete Bewehrung für die Bogenkonstruktion erkennen. Die Längsarmierung der Kastenrippen (Abb. 4a) beträgt rd. 0,5% des Querschnittes; in den Ecken sind stärkere Eisen von 20 bzw. 24 mm Durchmesser angeordnet, während die Längsarmierung in den Wänden und Druckplatten aus Rundeisen von 14 bzw. 16 mm Stärke besteht. Diese Eisen sind sehr reichlich durch Schleifenbügel miteinander verbunden, außerdem ist der ganze Querschnitt durch eine kräftige Umfangsbewehrung von 10 bis 12 mm Stärke in Abständen von 20 bis 25 cm zusammengefaßt. Die Eiseneinlagen in den Querschotten der Kästen und in den Querversteifungen zwischen den hohlen Rippen sind in Abb. 4b dargestellt. Besondere Sorgfalt ist auf die Armierung der Querhüupter verwandt worden. Abb. 5 zeigt für den Scheitel im Grundriß, Querschnitt und in drei Längsschnitten die Anordnung der Eiseneinlagen dieses wichtigen Konstruktionsgliedes, das die Kräfte von den Stahlgelenken in die Kastenquerschnitte überzuleiten hat. Eine Aufnahme der fertig geflochtenen Bewehrung für das Druckhaupt am Kämpfer gibt die Abb. 6, die auch die Kämpfergelenke erkennen läßt.

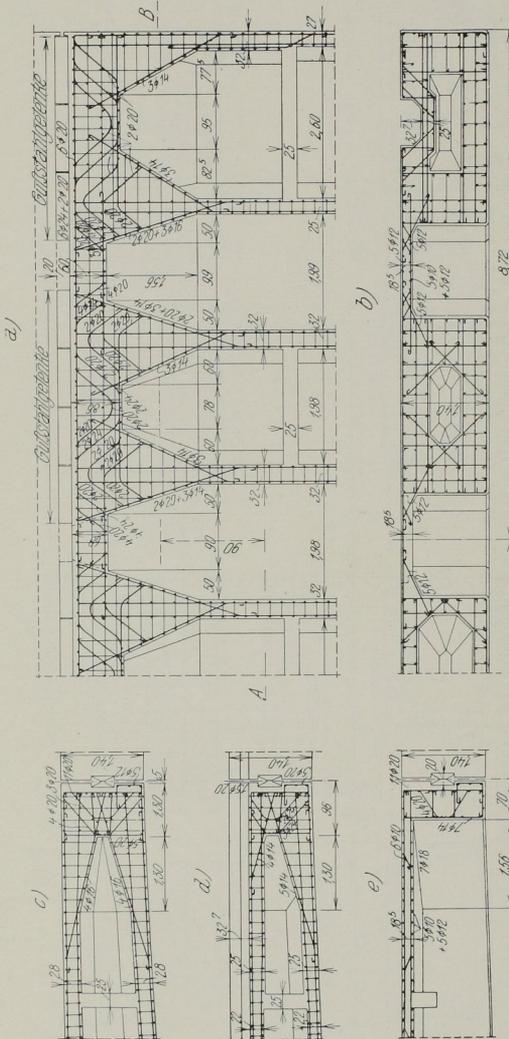


Abb. 5. Bewehrung des Druckhauptes am Scheitel, im Grundriß a), Querschnitt b) und 3 Längsschnitten c) d) e)

Wie der Bewehrung so wurde auch dem Betonmaterial für die Bogenkonstruktion besondere Sorgfalt gewidmet. Das Mischungsverhältnis für die Kastenrippen beträgt 1 : 5, für die Druckhüupter 1 : 4. Verwendet wurde Dyckerhoff-Doppelzement und natürliches Kiessandmaterial aus dem Lech,

das in einem benachbarten Kieswerk gewonnen, gewaschen und sortiert wurde. Es war nur nötig, noch etwas Quetschsand zuzusetzen, weil der Natursand nicht in ausreichender Menge anfiel. Bereits im Frühjahr 1927 wurden vom Verfasser systematische Untersuchungen des Kiessandmaterials im Bautechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule München vorgenommen, um Aufschluß über die günstigste Kornzusammensetzung und über die zu erreichenden Druckfestigkeiten zu gewinnen. Alle Vergleichs-

proben wurden mit derselben Konsistenz der Betonmasse durchgeführt, und zwar wurde der Durchmesser des Kuchens bei der Rüttelprobe zu 47 cm gewählt, was eine weiche und für die stark gegliederte Eisenkonstruktion gut geeignete Konsistenz ergab. Probewürfel, die unter teilweiser Verwendung von gebrochenem Kiesmaterial hergestellt wurden, ergaben dabei niedere Festigkeiten, als diejenigen, bei denen nur das natürliche Material verwendet wurde. Es ist dies dadurch zu erklären, daß der Zusatz von gebrochenem Material einen höheren Wasserzusatz erfordert, um dieselbe Konsistenz zu erreichen. Die Druckfestigkeiten der verschiedenen Proben im Alter von 28 Tagen lagen zwischen 335 und 407 kg/qcm, erreichten also sehr hohe Werte für weich angemachten Beton. Das für die Ausführung gewählte Material bestand aus 40% Sand und 60% Kies. Der Sand wurde im Kieswerk hälftig aus Natursand und Quetschsand zusammengesetzt, ebenso

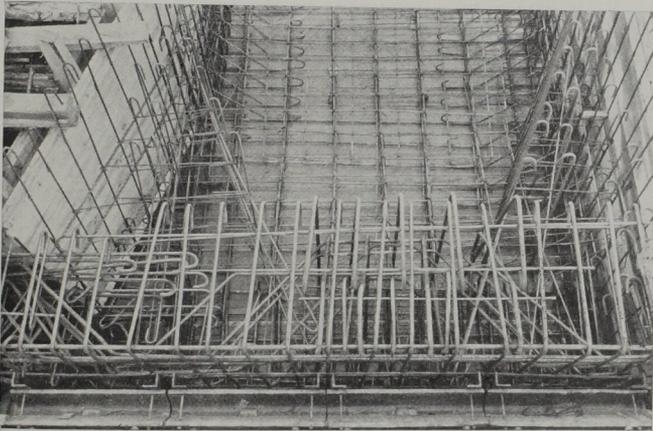


Abb. 6. Bewehrung des Druckhauptes am Kämpfer

wurde der Kies je zur Hälfte aus der Körnung 10 bis 15 mm und 15 bis 25 mm bereits im Werk gemischt. Die beiden so erhaltenen Materialien Sand und Kies wurden getrennt an die Baustelle angeliefert. Die Konsistenz der Betonmasse wurde laufend am Bau durch die Setz- und Rüttelprobe kontrolliert, ebenso wurde jeder Waggon Zement geprüft und dauernd Festigkeitsproben des Betons vorgenommen. Diese strenge Baukontrolle war bereits bei der Ausschreibung vorgesehen und es war verlangt, daß die Würfel Festigkeit des Gewölbebetons im Alter von 28 Tagen (W_{28}) das Vierfache der größten Druckspannung betragen mußte. Mit Rücksicht auf das vorzügliche Betonmaterial wurde dabei auf Vorschlag des Verfassers als Höchstwert für die Druckbeanspruchung 80 kg/qcm zugelassen, während ja nach den „Bestimmungen des deutschen Ausschusses für Eisenbeton“ bis jetzt für Eisenbetonbogen nur 70 kg/qcm als Grenzwert festgesetzt ist.

Bei dem ausgeführten Entwurf wurde die rechnermäßige größte Druckbeanspruchung des Betons in den Kastenrippen zu 75 kg/qcm gewählt, um noch eine Reserve für Nebenspannungen zu haben. Unmittelbar hinter den Gelenken, wo es sich um eine Streifenbelastung handelt, beträgt die Druckspannung im Beton 100 kg/qcm. Die Verkehrslasten entsprechen den deutschen Normen für Straßenbrücken erster Klasse; eine lastverteilende Wirkung der Querversteifungen ist bei der Berechnung der Kastenrippen nicht angenommen worden, es wurde aber auch kein Stoßzuschlag für die Haupttragkonstruktion gerechnet. Ist doch selbst bei

dieser stark gegliederten Eisenbetonbogenbrücke das Verhältnis der Verkehrslast zur ständigen Last 1:6, während es bei der eingangs erwähnten eisernen Balkenbrücke 1:2,5 betragen hätte. In den Kastenrippen treten ausschließlich Druckspannungen auf; von der Gesamtspannung in Höhe von 75 kg/qcm entfallen im Mittel 45 kg/qcm auf die Eigengewichtsspannungen und 30 kg/qcm auf die Spannungen aus Verkehr. Die Bogenachse der beiden mittleren Rippen ist nach dem bekannten Verfahren von MÖRSCH so gewählt worden, daß die größten Randspannungen in den einzelnen Querschnitten gleich groß werden. Damit liegt die Bogenachse ein wenig unter der Stützlinie für Eigengewicht. Bei den beiden Randrippen war dieser Ausgleich nicht möglich, da sie anders belastet sind als die Mittelrippen und doch die gleiche Bogenform erhalten sollten.

Von der Bauausführung interessiert in erster Linie die Herstellung der Kastenrippen, die übrigen Bauarbeiten sollen nur kurz besprochen werden. Die neue Brücke liegt an der Stelle der alten eisernen Brücke, so daß vor Beginn des Baues die Errichtung einer hölzernen Notbrücke nötig wurde, auf deren Jocheinteilung bei der Konstruktion des Lehrgerüsts Rücksicht zu nehmen war. Die eigentlichen Bauarbeiten begannen im September 1927 und mußten einschließlich des Abbruches der eisernen Brücke so beschleunigt werden, daß spätestens Ende Mai 1928 das Lehrgerüst abgelassen werden konnte, ehe gefährliche Hochwasser des Lech zu erwarten waren. Der schwierigste Teil der Bauausführung war die Gründung der Widerlager, die in offener Baugrube zwischen eisernen Larssenspundwänden erfolgte. Die Abstufung der Baugruben von 20,6 m Länge, 17,5 m Breite und 10,0 m Tiefe war eine hervorragende tiefbautechnische Leistung. In sehr geschickter Weise wurden dabei in der Längsachse jeder Baugrube drei starke eiserne Kastenträger schon vor Beginn des Erdaushubs gerammt, die als lotrechte Zwischenstützen für die Abstufung dienten. Diese war in mehreren Stockwerken übereinander angeordnet, welche für sich ein- und ausgebaut werden konnten, sodaß zu unterm immer ein freier Arbeitsraum für den Aushub und später für das Betonieren vorhanden war. Erst Ende März 1928 waren beide Widerlager einschließlich der Kragarme vollendet. Es verblieben daher nur zwei Monate Bauzeit für die Herstellung und Ausrüstung des Bogens.

Das Lehrgerüst, Abb. 7a und 7b, war schon vorher errichtet worden. Es weicht nicht von den üblichen Konstruktionen ab, nur konnte wegen des geringen Gewichtes der Kastenrippen der Binderabstand zu 2,10 bis 2,70 m, also ungewöhnlich groß, angenommen werden. Mit Rücksicht auf die große Breite der Brücke erfolgte die Ausführung der Bogenkonstruktion in zwei Hälften und demgemäß wurden zwischen den beiden mittleren Kastenrippen die Druckhäupter, die Fahrbahnplatte im Scheitel und die Querversteifungen erst nach Absenkung des Lehrgerüsts betoniert. Deshalb besteht auch das Lehrgerüst im Querschnitt (Abb. 7b) aus zwei in sich versteiften Teilen, die miteinander nur durch die Schalung und die Hauptquerzangen verbunden sind. Die Überhöhung des Lehrgerüsts wurde zu 21 cm bemessen, als Ausrüstungsvorrichtung dienten Sandtöpfe.

Für die Kastenrippen war von vornherein die Betonierung in Lamellen vorgesehen, wie sie aus dem Längsschnitt (Abb. 7a) zu erkennen ist. Fraglich war nur die Herstellung der einzelnen Lamellenstücke selbst und man entschloß sich auf Vorschlag des Verfassers, die zweckmäßigste Ausführungsweise an einem, auf dem Werkplatz aufgebauten Modellstück in natürlicher Größe zu studieren, was sich als sehr nützlich erwiesen hat. An sich wäre es erwünscht gewesen, nach Einbringung der Innenschalung und der vollständigen Armierung den ganzen Eisenbetonkasten einer Lamelle zusammenhängend in einem Zuge zu betonieren. Dann hätte man aber den Beton nicht in weicher Konsistenz, wie vorhergesehen, sondern nur stark flüssig einbringen können,

an Druckfestigkeit in Kauf nehmen müssen. Man entschied sich daher, den Beton weicher Konsistenz beizubehalten (Kuchendurchmesser bei der Rüttelprobe 45 bis 50 cm) und jedes kastenförmige Lamellenstück in zwei Teilen zu betonieren. Nach Armierung des unteren Querschnittsteiles wurde zunächst nur die Bodenplatte hergestellt und erst nach ihrer Erhärtung die Innenschalung eingesetzt. Dann konnte die Armierung der Seitenwände und der Deckenplatten eingebracht und schließlich dieser zweite Querschnittsteil betoniert werden. Der Zusammenhang der beiden Teile ist durch die reichliche Bewehrung der Vouten und der Wände gewährleistet, außerdem erhielten die Anschlußflächen noch eine Verzahnung, indem durch Eindringen eines Kantholzes Vertiefungen in den frischen Beton der Bodenplatte hergestellt wurden. Nur die Druckhäupter am Scheitel und am Kämpfer nebst einem kurzen anschließenden Stück der Kastenrippen sind jeweils

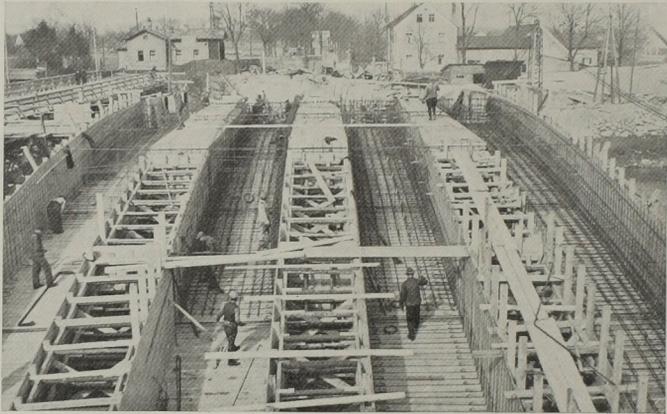


Abb. 8. Einbringen der Bewehrung in die Schalung der Kastenrippen

auf die halbe Brückenbreite in einem Guß betoniert worden. Damit ergab sich der im Längenschnitt der Gerüstzeichnung Abb. 7a eingeschriebene Betonierungsvorgang.

Von den beiden Kastenrippen der einen Brückenhälfte wurden der Reihe nach betoniert:

1. die Druckhäupter an den beiden Kämpfern,
2. das eine Scheiteldruckhaupt,
3. die Bodenplatten aller großen Lamellen,
4. nach Versetzen der Scheitelgelenke das andere Scheiteldruckhaupt, und — nach einer Pause für das Einbringen der inneren Kastenschalungen und für die Vervollständigung der Armierung —
5. und 6. die Wände und Deckenplatten der großen Lamellen.

Dieser Vorgang wiederholte sich dann für die beiden Kastenrippen der anderen Brückenhälfte und schließlich wurden in allen vier Kastenrippen die Schlußlamellen 7 bis 9 betoniert. Die Herstellung der Kastenrippen nahm die Zeit vom 24. April bis 15. Mai, also 22 Tage in Anspruch. Das Betonieren selbst erforderte jedoch nur 14 Tage, die übrige Zeit wurde für das Einbringen der Innenschalung und der oberen Armierung gebraucht. Die Entfernung der Innenschalung erfolgte durch die Mannlöcher, was ohne besondere Schwierigkeiten, aber nur unter großem Holzverlust möglich war.

Von diesem Bauvorgang geben die Abb. 8 bis 11 eine anschauliche Darstellung.

In Abb. 8 ist die Gewölbeschalung und die äußere Schalung für die Wände der Kastenrippen fertiggestellt und man ist damit beschäftigt, die Eiseneinlagen für die Wände zu verlegen.

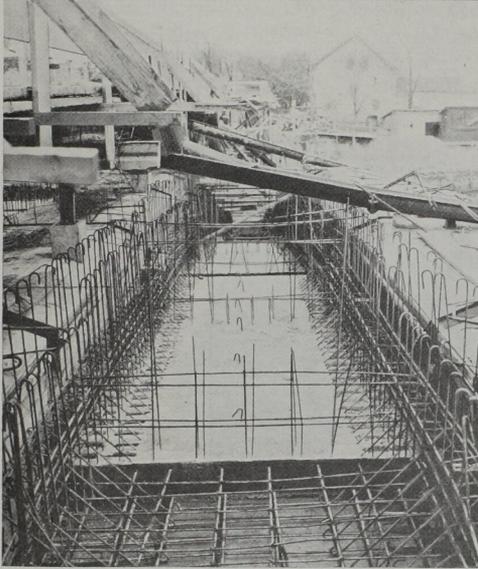


Abb. 9. Wandarmierung einer Kastenrippe, Bodenplatte teilweise betoniert

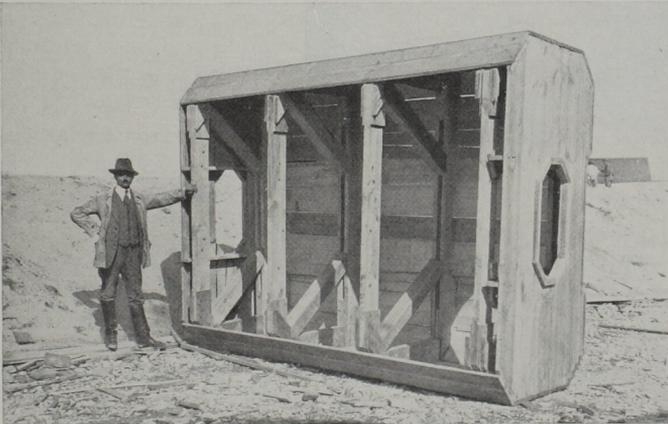


Abb. 10. Schalkasten für die Innenschalung der Kastenrippen

Abb. 9 zeigt ein Stück einer Bodenplatte fertig betoniert. Ferner sind hier die reichliche Eckarmierung und die eingedrückten Vertiefungen für den Anschluß der Wände an die Bodenplatte deutlich zu erkennen.

Einen Schalungskasten für die Innenschalung stellt Abb. 10 dar; diese Kästen wurden auf dem Werkplatz hergestellt und dann im ganzen versetzt.

Auf Abb. 11 sind die Druckhäupter am Kämpfer fertig betoniert, die Innenschalung der anschließenden Lamellen ist eingesetzt und die Armierung der Wände und Deckenplatten größtenteils vollendet. Das Bild zeigt also den Zustand kurz vor dem Betonieren der Wände und Deckenplatten für die großen Lamellen.

Um eine Gefährdung der Bogenkonstruktion durch etwaige Hochwasserschäden am Lehrgerüst auszuschalten, wurde die Ausrüstung schon zehn Tage nach Schluß der Kastenrippen vorgenommen, was mit Rücksicht auf den verwendeten hochwertigen Zement zulässig erschien, zumal Probewürfel aus der Betonmasse für die Schlußstücke bereits 231 kg/qcm im Alter von acht Tagen ergaben. Im Mittel hatte der Beton des Bogens beim Ausrüsten ein Alter von zwanzig Tagen. Die Absenkung wurde in der üblichen Weise vom Scheitel ausgehend vorgenommen, und

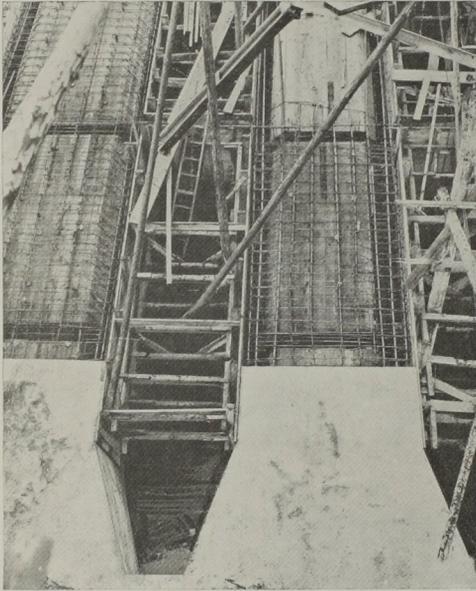


Abb. 11. Druckhaupt am Kämpfer und Bewehrung für die Deckenplatten der Kastenrippen

zwar gleichzeitig bei beiden Brückenhälften, also auf die ganze Brückenbreite, um einseitige Beanspruchungen der Widerlager zu vermeiden. Die Scheitelsenkung bei der Ausrüstung betrug 110 mm. Wie schon erwähnt, wurde dabei auch ein Ausweichen der Widerlager von 15,1 mm festgestellt. Dieses allein bewirkt bei dem kleinen Pfeilverhältnis von rd. 1:12 schon eine Scheitelsenkung von 45 mm. Weitere 50 mm Senkung sind auf die Eigengewichtsspannungen in den Kastenrippen zurückzuführen. Dieser Wert ist nach dem Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten unter Annahme eines Elastizitätsmaßes $E = 210000$ kg/qcm berechnet worden, was für den hochwertigen Beton im mittleren Alter von zwanzig Tagen zutreffend sein dürfte. Der von dem Gesamtmaß von 110 mm noch verbleibende Rest von 15 mm ist wohl durch das Schwinden in der Zeit vom Bogenschluß bis zum Ausrüsten zu erklären, das sich erst nach Absenken des Lehrgerüsts in einer entsprechenden Verkürzung der Bogenschenkel auswirken kann. Nach gleichlaufenden Schwindversuchen des Verfassers im Bautechnischen Laboratorium der Techn. Hochschule München mit Prismen aus dem Beton der Kastenrippen kann für diese Zeitspanne mit einer Schwindung entsprechend etwa 6° Temperaturabnahme gerechnet werden, was eine Scheitelsenkung von 14 mm ergeben würde. Die gesamte beobachtete Scheitelsenkung stimmt also mit den theoretisch ermittelten Werten gut überein.

Die weitere Bauausführung nach der Ausrüstung des Bogens bot nichts Besonderes mehr. Der Überbau, die Fahrbahn und die Brüstungen konnten in rascher Folge hergestellt werden. Zurzeit sind alle Arbeiten beendet und die Brücke wird Ende Oktober dem Verkehr übergeben werden. Wegen der hölzernen Notbrücke ist es jetzt noch nicht möglich, eine gute Gesamtaufnahme des Bauwerkes zu machen. Eine Untersicht der Brücke gibt Abb. 12, in der die charakteristische Aufteilung des Bogenquerschnittes in vier Kastenrippen gut zur Erscheinung kommt.

Als allgemein interessierendes Ergebnis kann zum Schluß festgestellt werden, daß sich die Eisenbetonkastenquerschnitte durchaus einwandfrei und sachgemäß haben ausführen lassen. Die Firma WAYSS & FREYTAG A.-G. hat allerdings auch große Umsicht und Sorgfalt aufgewendet, um das Gelingen dieser für Deutschland neuartigen Konstruktion zu sichern. Die Herstellung der Schalungen und das Einbringen der Armierung ging glatt von statten, das Betonieren selbst konnte sogar überraschend schnell durchgeführt werden. Kompliziert war nur die Armierung der Querhäupter und sehr mühsam das Aufstellen und Entfernen der Zwischenschalungen an den Lamellengrenzen. Irgendwelche Mißstände oder Mängel haben sich weder während der Herstellung noch nachher an den Kastenrippen gezeigt. Bei Anwendung solcher hohler Eisenbetonrippen für größere Spannweiten wachsen auch die Abmessungen und Wandstärken der Querschnitte, wodurch ihre Ausführung noch erleichtert werden wird. Für den flachen Bogen der Lechbrücke wären ja an sich noch andere Querschnittsformen denkbar gewesen und es hat sich

auch bei der Ausschreibung gezeigt, daß schlaff- oder steifbewehrte Rippenquerschnitte hier wohl ebenso wirtschaftlich gewesen wären, wie die Kastenquerschnitte. Diese haben aber vor den anderen Lösungen den Vorteil einer größeren Steifigkeit in vertikaler und horizontaler Richtung, sowie einer besonders zweckmäßigen Ausbildung der Randträger an den Brückenstirnen.

Für den Fortschritt im Wölbbrückenbau ist es zu begrüßen, daß diese erstmalige Ausführung des Kastenquerschnittes in Deutschland erfolgreich durchgeführt worden ist und damit wohl auch bei uns seiner künftigen Verwendung für größere Spannweiten den Weg bereitet hat.

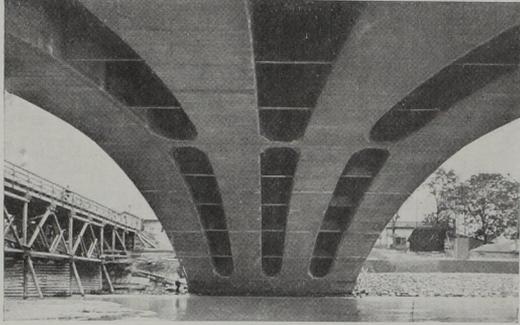


Abb. 12. Untersicht der Brücke

Ing. F. FREYSSINET, Paris:

Les arcs du Pont des Plougastel. Les expériences et l'exécution de l'ouvrage

Je me propose de donner quelques indications sur l'exécution actuellement en cours d'un pont en B. A. à PLOUGASTEL, sur l'Elorn, au point où cette rivière débouche dans la rade de BREST. Elle offre en cet endroit une largeur de 650 mètres au niveau des pleines mers.

Les circonstances imposent une portée minima de 172 mètres, avec un tirant d'air de 36 mètres, au dessus d'un chenal dans lequel aucun appui, même provisoire, ne peut être trouvé.

L'amplitude des marées atteint 8 mètres et la houle est parfois très forte à l'emplacement même de l'ouvrage.

Le projet exécuté a été choisi après concours pour ses qualités d'économie et de résistance.

Quoique beaucoup meilleur marché qu'aucun des projets concurrents, il permet le passage simultané d'une route et d'une voie ferrée normale, alors que les autres projets permettaient le passage de la route seulement.

Une grande voûte étant indispensable pour le franchissement du chenal, j'ai