

Grössere Eisenbeton-Balkenbrücken in Deutschland

Autor(en): **Spangenberg, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-458>

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.

IV 2

GRÖSSERE EISENBETON-BALKENBRÜCKEN IN DEUTSCHLAND

PONTS A TRAVÉES RECTILIGNES EN ALLEMAGNE

LARGE GIRDER BRIDGES IN GERMANY

Dr.-Ing. E. h. H. SPANGENBERG,
Professor an der Technischen Hochschule München.

Während der ersten Jahrzehnte der Entwicklung des Eisenbetons hat man auch in Deutschland diese Bauweise für Brücken grösserer Spannweite nur in der Form der Bogenträger angewandt. Das erklärt sich einmal aus der Anlehnung an die guten Vorbilder, welche die gewölbten Brücken aus Mauerwerk und aus Beton in reichem Masse boten. Sodann hat man sich zweifellos aber auch gescheut, namentlich wegen der damals noch ungeklärten Frage der Rissgefahr, bei grösseren Brückenbauten starke Biegungsbeanspruchungen zuzulassen, sondern hat Tragwerke bevorzugt, die überwiegend durch achsiale Druckkräfte beansprucht sind. Erst mit den Fortschritten in der konstruktiven Durchbildung der Eisenbetonbalken und mit der Verbesserung der Materialeigenschaften des Betons ist man dazu übergegangen, auch mit Balkenträgern aus Eisenbeton grössere Spannweiten zu überbrücken. Diese Konstruktionen haben gegenüber den gewölbten Brücken für viele Aufgaben des Brückenbaus wesentliche Vorteile, z. B. die geringere Bauhöhe, die bessere Anpassung an die üblichen Lichtraumprofile, die einfacheren und billigeren Gründungen. Nachstehend soll ein Ueberblick über die Entwicklung der grösseren Eisenbetonbalkenbrücken in Deutschland gegeben werden, wobei als untere Grenze für die Spannweite das Mass von 30 m angenommen worden ist. Diese Annahme ist berechtigt, denn für kleinere Spannweiten, namentlich auch zwischen 20 m und 30 m, sind Eisenbetonbalkenbrücken in sehr grosser Zahl ausgeführt worden, während es, soweit sich feststellen liess, in Deutschland bis jetzt nur 18 solche Brücken mit einer Spannweite $l \geq 30$ m gibt, die in den Tabellen A bis C angeführt sind.

Da man als Balkenträger diejenigen Tragwerke bezeichnet, die bei lotrechter Belastung nur lotrechte Auflagerdrücke ausüben, so wären an sich zu ihnen auch die Bogenträger mit Zugband zu rechnen. Diese Bauwerke sind aber sowohl in ihrer Berechnung als auch in ihrer konstruktiven Durchbildung den Eisenbetonbogenbrücken aufs engste verwandt, sodass sie aus dieser Betrachtung ausscheiden sollen. Es sei jedoch erwähnt, dass in Deutschland auch von dieser Trägerform beachtliche Ausführungen vorliegen. Die grösste Spann-

Tabelle A — Tableau A — Table A.

Eisenbeton-Balkenbrücken mit 1 Öffnung ($L \geq 30$ m).
 Ponts à poutres en béton armé avec 1 travée ($L \geq 30$ m).
 Girder Bridges with only 1 Span ($L \geq 30$ m).

Nr.	Brücke Pont Bridge	Baujahr Construit en Erected	Stütz- weite Distance entre appuis Span between Supports	Gesamtbreite (Fahrbahnbreite) Largeur totale (Largeur de la chaussée) Whole Width (Width of Roadway)	Hauptträger Poutre principale Main Girder		Hauptträgerhöhe Hauteur de la poutre Height of the Girder		Ausführende Firma Exécuté par Erected by
					Zahl Nombre Number	Abstand Distance Distance	in Feldmitte au milieu de la travée in the Middle of the Span	an den Stützen aux appuis at the Supports	
1.	Mangfallbrück Weyarn ¹	1911	32,00	6,00 (6,00)	2	6,45	2,50	4,00	Wayss u. Freytag A.-G.
2.	Bregbrücke Wolterdingen ¹	1912	36,50	5,00 (5,00)	2	5,50	1,95	4,00	Brenzinger u. Cie
3.	Escholstrassenbrücke über die Dreisam in Frei- burg	1913	40,00	15,50 (9,50)	11	1,27	1,70	3,30	" " "
4.	Brücke über den Ems- Weser-Kanal bei Hanno- ver	1913	44,00	7,50 (5,20)	4	2,00	0,88	4,22	Dyckerhoff u. Widmann A.-G.
5.	Hindenburgbrücke über die Saale in Hof	1927	34,00	16,00 (10,00)	8	2,08	1,50	1,70	Etschel u. Naumann, Hof

1. Trogbücke — Pont à tablier inférieur — Open bridge.

weite besitzt die im Jahre 1931 fertiggestellte Brücke über die Kinzig in Kehl mit ihrer Mittelöffnung von 80 m, an die sich als Seitenöffnungen 2 Eisenbetonbalkenträger von 32,6 m Stützweite anschliessen (Abb. 1).

Dagegen scheint es gerechtfertigt, alle diejenigen Trägerformen einzubeziehen, die vorwiegend auf Biegung beansprucht sind, auch wenn ausserdem achsiale Druckkräfte auftreten. Hierzu gehören die Rahmen mit wagrechtem Riegel, sowie die durch einen Stabbogen verstärkten Balken (versteifte Stabbogen). Ausführungen der letztgenannten Art finden sich allerdings in Deutschland noch nicht, obwohl mit ihnen zweckmässige Lösungen in Eisenbeton möglich sind, wie neuere Brückenbauten in der Schweiz¹ und Skandinavien² zeigen.

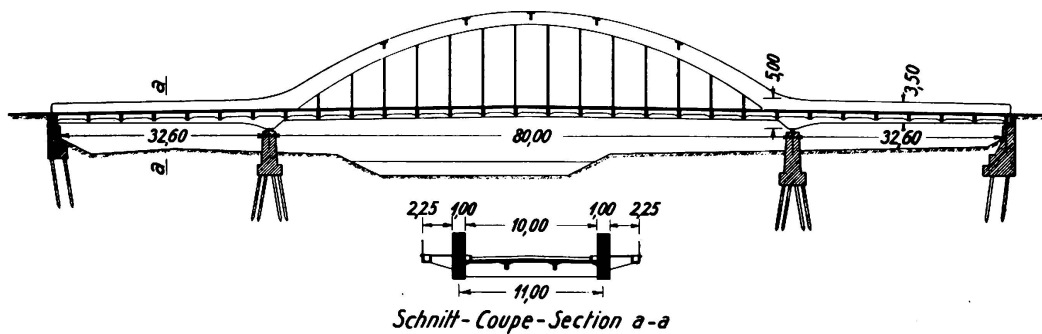


Fig. 1. — Kinzigbrücke in Kehl. — Pont sur la Kinzig à Kehl. — Bridge over the Kinzig in Kehl.

Charakteristisch für die deutsche Entwicklung ist, dass die grösseren Eisenbetonbalkenbrücken nur als vollwandige Träger ausgeführt worden sind. Einer fachwerkartigen Ausbildung solcher Brücken steht man in Deutschland ablehnend gegenüber. Man hält sie nicht nur in ästhetischer Hinsicht für wenig befriedigend, sondern fürchtet bei dem spröden Betonmaterial auch die Nebenspannungen in den steifen Fachwerkknoten. Zudem ist es unwahrscheinlich, dass sie in Deutschland mit den stählernen Fachwerkbrücken wirtschaftlich erfolgreich in Wettbewerb treten können.

Ferner sind Eisenbetonbalkenbrücken mit $l \geq 30$ m bis jetzt in Deutschland nur für Strassenbrücken angewandt worden. Es hat sich gezeigt, dass unter Hauptbahngleisen die Eisenbetonbalkenbrücken, für die man übrigens wegen der Stösse der Verkehrslasten ein durchgehendes Schotterbett für unerlässlich hält, über 12 m Spannweite bei den heutigen Achslasten zu schwer und unwirtschaftlich werden. Für Industriebahnen und Zweiggleise liegt diese Grenze höher, jedoch sind auch hier nur Ausführungen unter 30 m Spannweite vorhanden.

Die nachstehenden Betrachtungen beschränken sich daher auf Strassenbrücken mit vollwandigen Trägern von mindestens 30 m Stützweite. In der überwiegenden Zahl sind es Brücken mit obenliegender Fahrbahn, nur vereinzelt finden sich, besonders bei geringer Brückenbreite, sogenannte Trogbrücken, bei denen die Fahrbahn versenkt zwischen den beiden Hauptträgern liegt (Tab. A Nr. 1 u. 2, Tab. B Nr. 1 und Tab. C Nr. 3).

Die Entwicklung von Eisenbetonbalkenbrücken grösserer Spannweite ist dadurch gehemmt worden, dass bis vor kurzem keine besonderen Berechnungs-

1. Vergl. MAILLART. « Der Bauingenieur », 1931, Seite 165.

2. Vergl. A. OSTENFELD. « Der Bauingenieur », 1931, Seite 569.

Tabelle B — Tableau B — Table B.
 Eisenbeton-Balkenbrücken als durchlaufende Träger ($L \geq 30$ m).
 Ponts à poutres continues en béton armé ($L \geq 30$ m).
 Continuous Girder Bridges ($L \geq 30$ m).

Nr.	Brücke Pont Bridge	Baujahr Construit en Erected	Zahl der Oeffnungen Nombre de travées Number of Spans	Stützweiten Distance entre appuis Span between Supports	Gesamtbreite (Fahrbahnbreite) Largeur totale (Largeur de la chaussée) Whole Width (Width of Roadway)	Hauptträger Poutre principale Main Girder		Hauptträgerhöhe Hauteur de la poutre Height of the Girder		Ausführende Firma Exécuté par Erected by
						Zahl Nombre Number	Abstand Distance Distance	in Feldmitte au milieu de la travée in the Middle of the Span	an den Stützen aux appuis at the Supports	
1.	Alzbrücke bei Hirten ¹	1915	2	32,00 + 32,00	5,20 (3,80)	2	5,90	2,45	3,30	Wayss u. Freytag A.-G.
2.	Fussgänger- und Rohrstege über die Enz in Pforzheim	1922	3	26,1 + 32,5 + 26,1	3,50	2	2,70	1,60	2,40	Züblin u. Cie. A.-G.
3.	Murgbrücke Ottenau	1928	3	21,0 + 30,0 + 21,0	8,60 (5,20)	5	1,39	1,69	2,04	Dyckerhoff u. Widmann A.-G.
5.	Hindenburgbrücke über die Nagold in Pforzheim	1928	3	21,6 + 44,4 + 10,7 ²	17,00 (11,60)	11	1,40	1,75	3,00	Züblin u. Cie. A.-G.
5.	Kinzigbrücke bei Kehl a. Rh.	1931	3	32,6 + (80,0) + 32,6 ³	10,0 + 2.2,25 (9,00)	2	11,00	3,30	5,00	" " "

1. Trogbücke. — Pont à tablier inférieur. — Open bridge.

2. Dritte Oeffnung eingefüllt. — Troisième travée non visible. — Third span not visible.

3. Mittelöffnung als Zweigelenbogen mit Zugband und angehängter Fahrbahn (Vergl. Abb. 1). — Travée du milieu : Poutre en arc sans poussée horizontale et tablier suspendu (Voir fig. 1). — Main span : Arched girder without horizontal thrust and suspended floor.

Tabelle C — Tableau C — Table C.

Eisenbeton-Balkenbrücken als Auslegerträger ($L \geq 30$ m).
Ponts à poutres en encorbellement ($L \geq 30$ m).
Cantilever Girder Bridges ($L \geq 30$ m).

Nr.	Brücke Pont Bridge	Baujahr Construit en Erected	Zahl der Öffnungen Nombre de travées Number of Spans	Stützweiten Distance entre appuis Span between Supports	Verhältnis des einge- hängten Trägers zur Stützweite — Rapport entre la poutre médiane et la travée totale — Ra- tio between the suspen- ded Centre Ray and the whole Span.	Gesamtbreite (Fahr- bahnbreite) — Largeur totale (Largeur de la chaussée). Whole Width (Width of Road- way).	Hauptträger Poutre principale Main Girder		Hauptträgerhöhe Hauteur de la poutre Height of the Girder		Ausführende Firma Exécuté par Erected by
							Zahl Nombre Number	Abstand Distance Distance	in Feldmitte au milieu de la Travée in the Middle of the Span	an den Stützen aux appuis at the Supports	
1.	Donaubrücke Dillingen	1923	5	21,8 + 36,8 + 36,8 + 36,8 + 24,8	0,49	8,00 (5,50)	2	5,50	2,32	4,21	Wayss u. Frey- tag A.-G.
2.	Warthebrücke Landsberg	1924	5	19,05 + 23,70 + 32,00 + 23,70 + 19,05	0,47	12,00 (7,50)	8	1,59	1,47	2,78	Carl Brandt
3.	Donaubrücke Thalzingen	1928	3	21,35 + 33,80 + 24,35	0,47	5,50 (4,70)	2	6,00	2,40	3,85	Beton- u. Monierbau A.-G.
4.	Emsbrücke Mesum-Elte (Westf.)	1928	3	16,71 + 43,30 + 16,74	0,51	8,02 (6,00)	3	2,50	1,82	3,04	Windschild u. Langelott A.-G.
5.	Donaubrücke Grossmehring	1930	3	42,0 + 61,5 + 42,0	0,40	6,50 (5,50)	2	4,00	2,70	5,35	Beton- u. Monierbau A.-G.
6.	Malapanebrücke bei Malapane (Ob. Schles.)	1931	2	32,10 + 19,30	—	9,00 (7,00)	2	4,95	2,20	3,00	Dittmar Wolfsohn u. Cie u. Nastbau A. G.
7.	Neissebrücke in Neisse (Ob. Schles.)	1931	3	30,50 + 41,00 + 30,50	0,49	10,50 (6,00)	4	2,15	2,02	3,22	Kaller u. Stach- nik, Beuthen
8.	Sophienbrücke über die Regnitz in Bamberg	1931	3	28,80 + 45,12 + 28,80	0,53	13,50 (9,00)	4	3,20	2,20	3,50	Carl Brandt

vorschriften für massive Brücken bestanden, sondern für diese Bauwerke die allgemeinen Eisenbetonbestimmungen benutzt werden müssten, die gerade für Balkenbrücken sehr ungünstig waren. Insbesondere war es nachteilig, dass dabei die Stosswirkung der Verkehrslasten durch Herabsetzung der zulässigen Spannungen gegenüber den Hochbauten berücksichtigt wurde, sodass bei Strassenbrücken im allgemeinen als höchste Druckspannung des Betons nur 45 kg/qcm, als höchste Zugspannung des Eisens nur 1000 kg/qcm zugelassen war.

Erst durch die im Jahre 1930 erschienenen « Berechnungsgrundlagen für massive Brücken » sind auch für die Berechnung von Eisenbetonbalkenbrücken brauchbare Grundlagen geschaffen worden. Diese Vorschriften enthalten wertvolle Richtlinien für die Erfassung der äusseren Kräfte; unter anderem regeln sie die Stosszuschläge zu den Verkehrslasten und enthalten Bestimmungen für die lastverteilende Wirkung der Fahrbahn. Dabei darf die Mitwirkung von Querträgern zum Verteilen der Lasten auf mehr als 2 Hauptträger rechnerisch berücksichtigt werden, was die Ausbildung der Balkenbrücken erleichtert und den günstigen Ergebnissen von Durchbiegungsmessungen bei Probelastungen entspricht. Als Stosszahlen sind für Strassenbrücken in Balken- und Rahmenform vorgeschrieben:

- a) für Fahrbahntafeln und für die mit diesen verbundenen Hauptträger bis zu 10 m Stützweite 1,4
- b) für Hauptträger wie unter a, jedoch über 10 m Stützweite 1,3
- c) für alle übrigen Hauptträger (z. B. von Trogbrücken), die mittelbar durch Querträger mit der Fahrbahn in Verbindung stehen 1,2.

Vor allem berücksichtigen diese Vorschriften aber die grossen Fortschritte, die in der Festigkeitssteigerung des Betons im letzten Jahrzehnt erzielt worden sind. Diese beruhen ja nicht nur auf der Verbesserung der Zemente, sondern auch auf der Erkenntnis, dass eine zweckmässige Kornzusammensetzung der Betonzuschläge und der Wasserzementfaktor von grösster Bedeutung für die Festigkeit des Betons ist. Es sind in den Vorschriften besondere Bedingungen festgelegt, die neben einer einwandfreien Berechnung, Durchbildung und Ausführung der Konstruktion die zuverlässige Herstellung eines Betons von bestimmter Würfel Festigkeit auf Grund der neueren Erkenntnisse gewährleisten sollen. Bei gewissenhafter Erfüllung dieser Bedingungen dürfen die zulässigen Druckspannungen des Betons gegenüber den im allgemeinen vorgeschriebenen Werten erhöht werden, welche auf einer Würfel Festigkeit von nur 150 kg/qcm nach 28 Tagen beruhen. Für Strassenbrücken gelten die folgenden Zahlenwerte: 1) Für die eigentlichen Balkenbrücken im allgemeinen 45 kg/qcm, bei Erfüllung der besonderen Bedingungen 3,5-fache Sicherheit gegenüber der Würfel Festigkeit nach 28 Tagen, jedoch höchstens 60 kg/qcm. In beiden Fällen erhöhen sich die Werte im Bereich der negativen Momente von Plattenbalken noch um 10 kg/qcm. 2) Bei Rahmen und rahmenartigen Tragwerken im allgemeinen 55 kg/qcm, bei Erfüllung der besonderen Bedingungen 3-fache Sicherheit gegenüber der Würfel Festigkeit nach 28 Tagen, höchstens jedoch 75 kg/qcm. Die etwas günstigeren Werte für die Rahmen sind mit Rücksicht auf die Wirkung des Schwindens und der Temperaturänderungen festgelegt.

Die Steigerung der zulässigen Beanspruchung des Betons führt zu einer Verminderung der Querschnitte und wirkt sich in wirtschaftlicher Hinsicht bei

grösseren Eisenbeton-Balkenträgern von Strassenbrücken noch dadurch besonders stark aus, dass hier der Anteil des Eigengewichtes an der Gesamtlast sehr erheblich ist. So beträgt z. B. bei der weitestgespannten deutschen Eisenbetonbalkenbrücke, der Donaubrücke bei Grossmehring (Abb. 8) das Eigengewicht 86,2 % und die Verkehrslast 13,8 % der Gesamtlast von 3157 t. Auch geht hier der Einfluss der Stosszuschläge bei grösseren Spannweiten stark zurück, weil sie sich eben nur auf den verhältnismässig kleinen Anteil der Verkehrslast beziehen.

Die zulässige Beanspruchung der Eiseneinlagen ist allgemein auf 1200 kg/qcm festgesetzt. Für Strassenbrücken darf bei Verwendung von hochwertigem Stahl die Eisenzugspannung auf 1500 kg/qcm erhöht werden. Bei Plattenbalken ist dies allerdings nur gestattet, wenn die zulässige Betondruckspannung auch ohne Berücksichtigung der Platte nicht überschritten wird. Es steht zu erwarten, dass diese Vorschrift bald eine Erweiterung in dem Sinne erfahren wird, dass der hochwertige Stahl mit einer entsprechend höheren Beanspruchung allgemein bei Strassenbrücken verwendet werden darf, sofern gleichzeitig eine hohe Festigkeit des Betons gewährleistet ist. Die hierdurch zu erzielenden wirtschaftlichen und konstruktiven Vorteile sind erheblich und werden die weitere Entwicklung der Eisenbetonbalkenbrücken günstig beeinflussen.

Für eine Darstellung der bisherigen Entwicklung an Hand der ausgeführten Bauwerke interessiert in erster Linie, welche statischen Grundformen für die Hauptträger grösserer Eisenbetonbalkenbrücken angewandt worden sind. Diese Grundformen werden sehr wesentlich von der Tatsache beeinflusst, dass grosse negative Stützmomente in der Regel leichter konstruktiv zu bewältigen sind, als grosse positive Feldmomente. Es steht an den Stützen nicht nur zumeist eine grosse Konstruktionshöhe zur Verfügung, sondern es wirkt sich dort auch ein hohes Eigengewicht des Trägers nicht so ungünstig aus, wie bei den positiven Feldmomenten. Man muss also danach streben, die Feldmomente klein zu halten und mit einer geringen Trägerhöhe in Feldmitte auszukommen, was ja auch zumeist wegen des vorgeschriebenen Lichtraumprofils erforderlich sein wird. So kommt es, dass Brücken mit einer Oeffnung viel weniger für Eisenbetonbalkenträger geeignet sind, als solche mit mehreren Oeffnungen. Bei letzteren spielt Anzahl und Grössenverhältnis der Oeffnungen eine wichtige Rolle für die Anwendungsmöglichkeit dieser Träger. Am günstigsten ist es, wenn wenigstens 3 Oeffnungen vorhanden sind, bei denen die Mittelöffnung grösser als die beiden Seitenöffnungen ist. Für diese Anordnung finden sich die bisherigen Spitzenleistungen der vollwandigen Eisenbetonbalkenbrücken.

Bei den Brücken mit einer Oeffnung (Tab. A) zeigt sich die charakteristische Tatsache, dass für Spannweiten $l \geq 30$ m der einfache Balken überhaupt nicht angewandt worden ist. Offenbar wird er zu schwer und die erforderliche grosse Konstruktionshöhe passt sich zu wenig den praktischen Bedürfnissen der Bauaufgaben an. Man muss hier also künstliche Mittel anwenden, um durch grosse negative Momente an den Auflagern die positiven Momente im Feld stark zu verringern. Die Abbildungen 2 bis 5 zeigen anschaulich die Wege, die hierzu beschritten worden sind. Bei der Mangfallbrücke in Weyarn (Abb. 2) sind die äusseren Teile der Hauptträger in die Widerlager eingespannt und als

6,8 m ausladende Konsole ausgebildet, zwischen deren Enden der 18,4 m lange mittlere Teil als einfacher Balken eingehängt ist. Das System gleicht in seinem

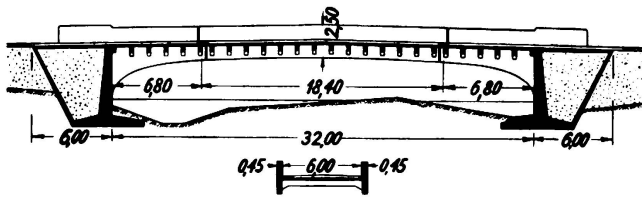


Fig. 1. — Mangfallbrücke in Weyarn.
Pont Mangfall à Weyarn.
Mangfall Bridge in Weyarn.

Momentenverlauf einem beiderseits eingespannten Balken, ist jedoch durch die Anordnung des eingehängten Trägers statisch bestimmt, wodurch Temperatur- und Schwindspannungen ausgeschaltet sind und ausserdem bei kleinem Nachgeben der Widerlager keine Zusatzspannungen

entstehen können. Ein anderes, auch bei Brücken kleinerer Spannweite viel verwandtes Mittel zur Verringerung der Trägerhöhe im Feld ist die Anordnung von Kragarmen oder Gegengewichten, wie sie die 40 m weit gespannte Eschholzstrassenbrücke über die Dreisam in Freiburg zeigt (Abb. 3). Hierbei

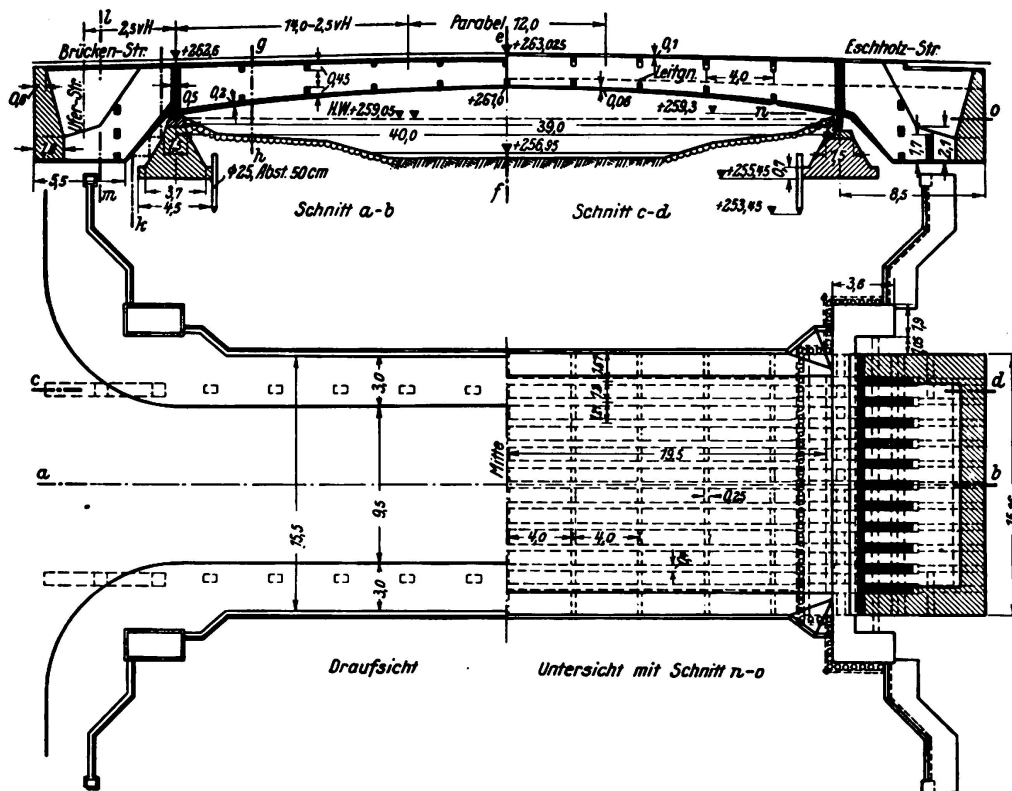


Fig. 3.

Dreisambrücke in Freiburg. — Pont sur la Dreisam à Fribourg.
Bridge over the Dreisam in Freiburg.

Parabel. Parabole. Parabola. — Schnitt. Coupe. Section. — Mitte. Milieu. Middle. — Draufsicht. Vue d'en haut. Sight from above. — Untersicht mit Schnitt n-o. Vue d'en bas avec coupe n-o. Sight from below with Section n-o.

empfeht es sich, durch bauliche Massnahmen Hohlräume unter den Gegengewichten zu schaffen, damit diese entsprechend den Annahmen der Rechnung dauernd freischwebend bleiben. Auch die Brücke in Wolterdingen (Tab. A Nr. 2) ist ein solcher Träger mit Kragarmen.

Bei der Brücke über den Ems-Weser Kanal mit 44 m Stützweite (Abb. 4),

hat man sogar noch weitergehende Hilfsmassnahmen ergriffen, um die Trägerhöhe in Feldmitte herabzudrücken. Es sind 2 verdeckte Nebenöffnungen von je

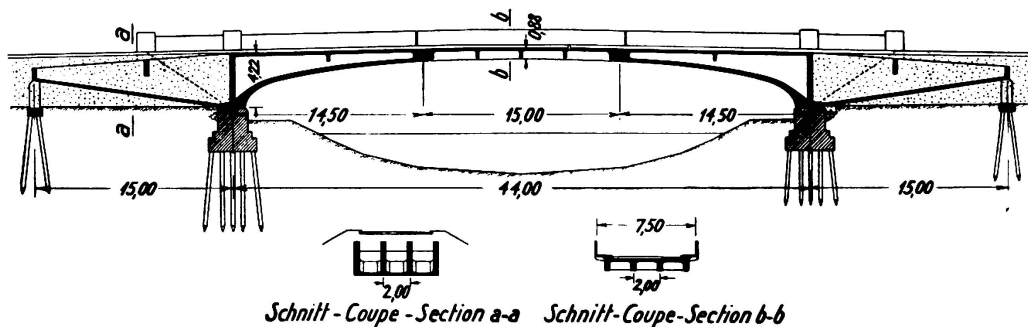


Fig. 4.

Brücke über den Ems-Weser-Kanal bei Hannover.

Pont près de Hannover sur le canal navigable entre l'Ems et la Weser.

Bridge near Hannover over the Navigable Canal between the Ems and the Weser.

15 m Stützweite angeordnet, deren 14,5 m weit in die Hauptöffnung auskragende Enden einen eingehängten Träger von 15 m Stützweite und nur 0,88 m Höhe tragen. Durch Ausnutzung der grossen Konstruktionshöhe an den Stützen und durch künstliche Beschwerung der Seitenöffnungen ist es hier gelungen, die Trägerhöhe in Feldmitte auf $1/50$ der Gesamtstützweite zu reduzieren. Das Aussehen des Bauwerkes gleicht dem einer flachen Bogenbrücke. Eine solche war auch ursprünglich geplant, ihre Ausführung erwies sich jedoch bei dem wenig guten Baugrund wegen der ungenügenden Gleitsicherheit der Widerlager als unmöglich. Das im Jahre 1913 errichtete Bauwerk ist eine sehr beachtliche konstruktive Leistung, es zeigt, wenn auch in teilweise verdeckter Form, bereits die Anordnung, die heute bei Eisenbetonbalkenbrücken mit 3 Öffnungen in Deutschland bevorzugt wird.

Schliesslich bleibt noch die rahmenartige Ausbildung als Hilfsmittel zur Einschränkung der Bauhöhe des Trägers. Abbildung 5 zeigt die Hindenburgbrücke über die Saale in Hof, einen Zweigelenrahmen von 34 m Spannweite. Eine ganz ähnliche Rahmenbrücke mit 36 m Stützweite ist bereits 1912 in der deutschen Stadt Bromberg erbaut worden, die jetzt zu Polen gehört. Bei solchen Rahmenbrücken muss der Baugrund natürlich so beschaffen sein, dass der Horizontalschub mit Sicherheit aufgenommen wird. Werden die Rahmenstiele und Ecken als volle Querschnitte und die Riegel als Plattenbalken ausgebildet, so kann man durch den Unterschied der Trägheitsmomente das Biegemoment in Trägermitte fast bis auf den Wert bei voller Einspannung ermässigen. Die künstlichen Massnahmen, welche bei grossen Balkenbrücken mit einer Öffnung nötig sind, beeinträchtigen naturgemäss die Wirtschaftlichkeit dieser Konstruktionen. Es ist daher unwahrscheinlich, dass für eine Öffnung mit

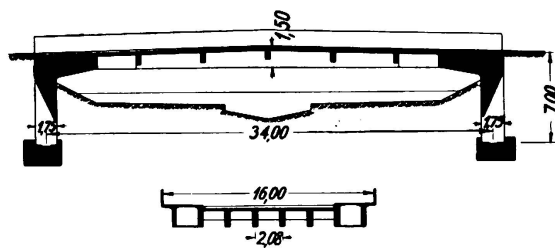


Fig. 5.

Saalebrücke in Hof.

Pont sur la Saale à Hof.

Bridge over the Saale in Hof.

vollwandigen Balkenträgern noch wesentliche Fortschritte in der Spannweite zu erwarten sind, am ehesten vielleicht noch in der Form des Rahmens, bei dem der Widerstand des Baugrundes gegen horizontale Kräfte herangezogen wird und der damit bereits den Uebergang zu den Bogenbrücken bildet.

Das eigentliche Anwendungsgebiet für Eisenbetonbalkenbrücken sind die Brücken mit mehreren Öffnungen. Bei zuverlässigem Baugrund kommen hier die durchlaufenden Träger in erster Linie als naturgemässe Lösung in Frage (Tab. B). Es empfiehlt sich, die Veränderlichkeit der Trägheitsmomente in der Rechnung zu berücksichtigen, weil sich dadurch eine Verringerung der Feldmomente und eine Vergrösserung der Stützmomente gegenüber der Annahme eines konstanten Trägheitsmomentes ergibt, was ja konstruktiv erwünscht ist. Bei den sämtlichen Brücken der Tabelle B sind die durchlaufenden Träger frei drehbar gelagert, also nicht in biegungsfester Verbindung mit den Mittelstützen, wie man es bei Brücken kleinerer Spannweite nicht selten findet. Durch die steife Verbindung mit den Stützen werden zwar die Feldmomente vermindert und besondere Auflagerkonstruktionen erspart, es entstehen aber bei grösseren Spannweiten erhebliche Zusatzspannungen aus Temperatur und Schwinden in den Stützen, namentlich, wenn diese einen geringen Schlankheitsgrad haben. Bei den durchlaufenden Trägern für Eisenbetonbalkenbrücken ist es günstig, wenn mindestens 3 Oeffnungen mit grösserer Mittelöffnung vorhanden sind. Zwei Oeffnungen hat nur das eine Beispiel der Tab. B, die Alzbrücke bei Hirten, eine Trogbrücke, bei der eine verhältnismässig grosse Trägerhöhe ausführbar war. Sehr bezeichnend ist es, dass bei dem weitestgespannten Bauwerk dieser Art, der Nagoldbrücke in Pforzheim (Abb. 6) nur 2

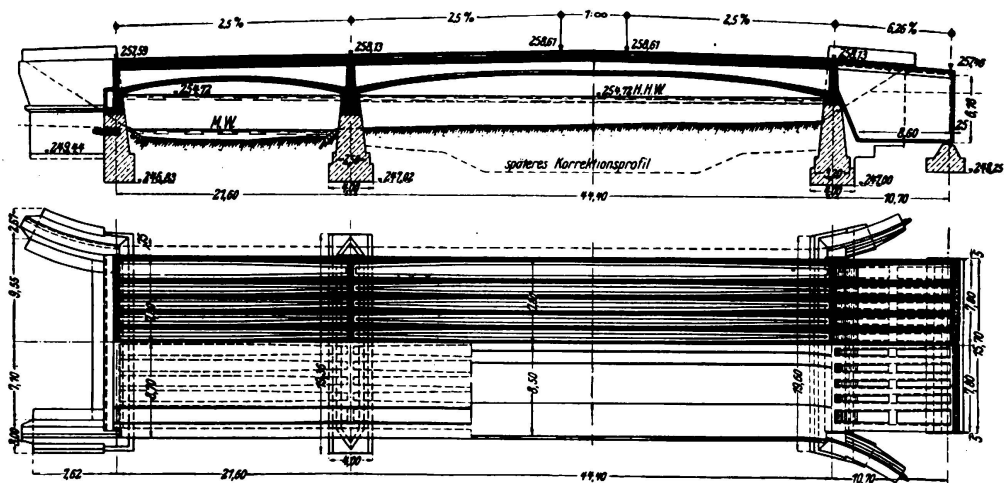


Fig. 6.

Nagoldbrücke in Pforzheim. — Pont sur la Nagold à Pforzheim.
Bridge over the Nagold in Pforzheim.

Späteres Korrekionsprofil. — Profil de correction prévu.
Profile of Correction projected.

Nutzöffnungen vorhanden sind, dass aber eine dritte schwerbelastete, kleine Nebenöffnung angeordnet ist, um an beiden Enden der grossen Oeffnung von 44,4 m Spannweite starke negative Momente zu erzeugen. Also auch hier hat sich eine künstliche Massnahme als nötig erwiesen; allerdings hat diese

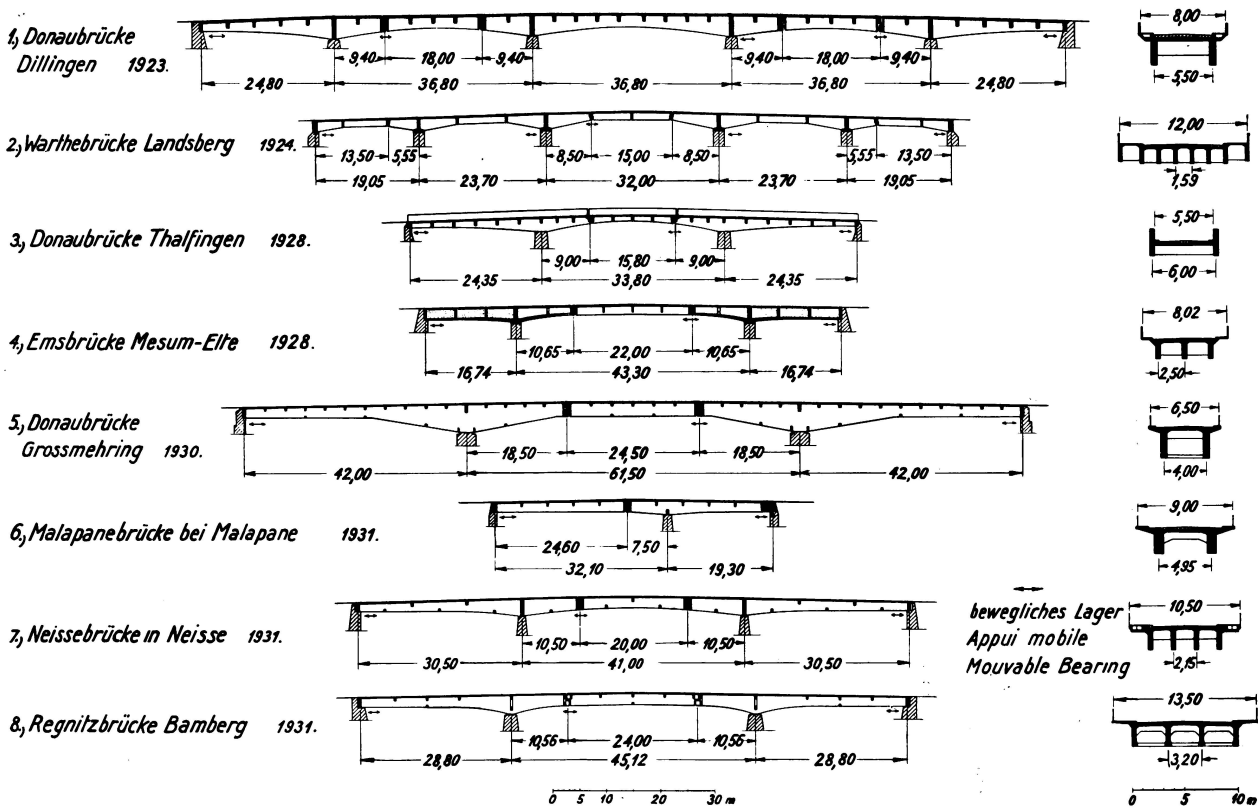


Fig. 7. — Deutsche Eisenbeton-Balkenbrücken mit Auslegerträgern.
 Ponts allemands à poutres articulées, exécutés en béton armé. — German Cantilever Bridges in Reinforced Concrete.

Brücke eine sehr geringe Konstruktionshöhe, ihr Querschnitt ist als kastenförmiger Zellenquerschnitt ausgebildet.

Wie die Tabelle C und Abb. 7 zeigt, haben für grössere Balkenbrücken mit mehreren Oeffnungen in Deutschland die Auslegerträger die meiste Anwendung gefunden. Ihre Vorteile gegenüber den durchlaufenden Trägern sind folgende :

1) Als statisch bestimmte Träger sind sie gegen Stützensenkungen unempfindlich. Dieser Vorzug ist von Bedeutung, wenn man bedenkt, dass Balkenbrücken häufig gerade dort zur Anwendung kommen, wo weniger guter Baugrund vorhanden ist.

2) Durch die Anordnung eines eingehängten Trägers hat man die Möglichkeit, in der Mitte der Mittelöffnung eine sehr geringe Trägerhöhe zu erreichen, was nicht selten erforderlich ist.

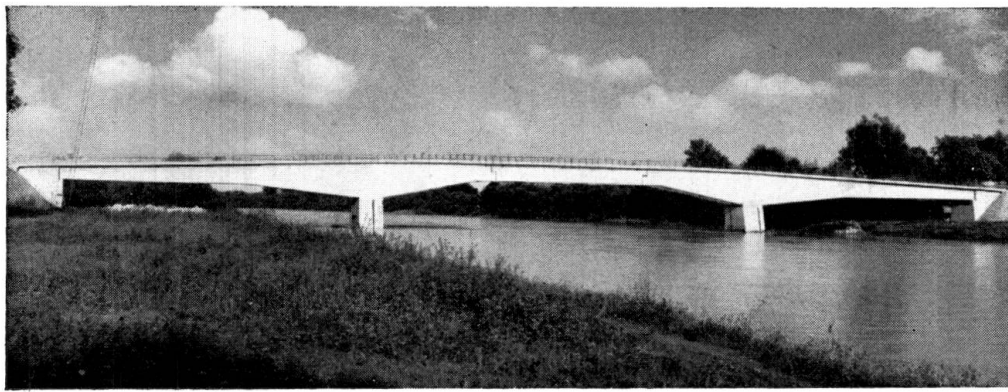


Fig. 8. — Donaubrücke Grossmehring.
Pont sur le Danube à Grossmehring. — Bridge over the Danube near Grossmehring.

3) Bei Auslegerträgern kann die Brücke in mehreren Teilen hergestellt werden. Das gestattet eine mehrmalige Verwendung der Lehrgerüste und hat bei Brücken über Flussläufen den weiteren Vorteil, dass nie das ganze Flussprofil mit Gerüsten verbaut werden muss.

4) Die Anordnung von Gelenken erleichtert die Betonierung, denn diese bilden natürliche Arbeitsabschnitte für den an sich nicht einfachen Betonierungsvorgang grosser Eisenbetonträger. Ebenso tritt dadurch eine willkommene Verkürzung der grossen Eisenlängen ein.

Als Nachteile sind die Kosten der Gelenke und deren nicht ganz einfache Ausführung zu nennen. Es ist aber gelungen, diese Gelenkpunkte konstruktiv so durchzubilden, dass ihre Anordnung keine Schwierigkeit mehr verursacht und die Kosten nicht erheblich sind (Vergl. Abb. 9). In statischer Hinsicht besteht kein nennenswerter Unterschied im Verlauf der Biegemomente gegenüber den durchlaufenden Trägern, sodass auch bei deutschen Auslegerbrücken mit $l \geq 30$ m, die in Abb. 7 übersichtlich zusammengestellt sind, als typische Anordnung die Brücke mit 3 Oeffnungen in Frage kommt, bei welcher die Mittelöffnung grösser ist als die Seitenöffnungen. Die grössten Spannweiten hat die Donaubrücke bei Grossmehring mit einer Mittelöffnung von 61,5 m und zwei Seitenöffnungen von 42,0 m (Abb. 8). Die zwei Brücken mit 5 Oeffnungen zeigen die beiden hierfür möglichen Anordnungen der Gelenke in den geraden

oder ungeraden Oeffnungen. Von Interesse ist das Verhältnis der Spannweite l_1 des eingehängten Trägers zu der Gesamtspannweite l der betreffenden Oeffnung. Wie die Tabelle C erkennen lässt, beträgt dieses Verhältnis ungefähr 0,5 und man wird es in den Regel einhalten, solange die Spannweite des eingehängten Trägers dabei nicht grösser wird als etwa 25 m, weil dieser sich dann als einfacher Balken noch zweckmässig ausbilden lässt. Bei grösserer Gesamtspannweite wird es ratsam sein, dieses Verhältnis zu verkleinern, zumal bei grösseren Werten l eine Verkleinerung von l_1 keine erhebliche Vergrösserung der Stützmente verursacht. Man muss natürlich auf alle Fälle dafür sorgen, dass ein Abheben der Trägerenden an den Aussenstützen mit genügender Sicherheit vermieden wird, was unter Umständen durch eine künstliche Belastung der Nebenöffnungen oder durch Verankerungen zu erreichen ist (Vergl. Brücke Nr. 4 der Abb. 7).

Aus Abbildung 7 erkennt man auch die üblichen Anordnungen der Querschnitte von Eisenbetonbalkenbrücken. Die Hauptträger sind im allgemeinen unter der Fahrbahn liegende Plattenbalken, deren Obergurt die Fahrbahnplatte bildet. Nur die Trogbrücken haben als Hauptträger zwei rechteckige Balken. Bei den Plattenbalkenquerschnitten stehen zur Aufnahme der grossen negativen Momente verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung: Vergrösserung der Trägerhöhen durch vertikale Vouten, Verbreiterung der Rippen (horizontale Vouten) und Anordnung einer unteren Druckplatte. Diese 3 Massnahmen können jede für sich allein oder in Verbindung miteinander durchgeführt werden. Bei Anordnung einer unteren Druckplatte entstehen dann Kastenquerschnitte. Vorteilhaft ist auch der I-Querschnitt, wie er bei der Regnitzbrücke Bamberg (Nr. 8 der Abb. 7) angewandt ist.

Für die wirtschaftliche Querschnittausbildung der Eisenbetonbalkenbrücken mit oberliegender Fahrbahn ist es wichtig, die richtige Zahl der Hauptträger zu wählen. Man hat in neuerer Zeit erkannt, dass mit zunehmender Stützweite der Hauptträger ihre Anzahl vermindert, also ihr Abstand und damit die Plattenstützweite vergrössert werden muss, um das Minimum der Gesamtkosten für die Tragkonstruktion der Brücke zu erhalten. Bei wachsendem Trägerabstand wird zwar die Stärke und die Bewehrung der Platte zunehmen, dafür verringert sich aber bei Verminderung der Zahl der Hauptträger die gesamte Breite der Rippen, sodass sich das Eigengewicht der ganzen Tragkonstruktion nicht wesentlich ändert. Da nun bei Strassenbrücken auch das Moment aus Verkehrslast für 1 m Belastungsbreite eines Hauptträgers sich bei zunehmendem Trägerabstand nur wenig vergrössert, wird der für die ganze Brückenbreite erforderliche Gesamteisenquerschnitt der Hauptträger nahezu unverändert bleiben. Dabei wird aber bei geringerer Trägeranzahl erheblich an Schalung gespart, auch erleichtert die dann grössere Rippenbreite die Betonierungsarbeit und das Einbringen der Eisen in die hohen Träger. Je grösser die Stützweite der Träger ist, um so stärker wird sich die Ersparnis gegenüber den Mehrkosten der Platte auswirken, wodurch sich die oben angeführte Regel erklärt. Natürlich werden auch konstruktive Rücksichten die Aufteilung des Querschnittes beeinflussen, u. a. kann die Verringerung der Trägeranzahl durch die dabei eintretende Erhöhung der Betonzugspannung eine Grenze finden. Bei weitgespannten Strassenbrücken mit normalen Breiten von 6 bis 15 m

wird aber im allgemeinen die Anordnung von 2 bis höchstens 4 Hauptträgern die günstigste Lösung ergeben ¹.

Bei grösserem Trägerabstand wird man die Fahrbahnplatte oft zweckmässig als kreuzweis bewehrte Platte konstruieren, indem man die ohnehin nötigen Querversteifungen als Querträger ausbildet. Um an Eigengewicht zu sparen, wird man auch die früher üblichen schweren Fahrbahnbefestigungen vermeiden und dafür eine leichte Teer- oder Asphaltdecke wählen. Es erscheint aber verfehlt, eine solche Fahrbahndecke zugleich als eine genügende Abdichtung der Tragkonstruktion zu betrachten, wie es in neuerer Zeit zuweilen geschehen ist, um an Gewicht zu sparen. Für den dauernden Bestand der Eisenbetonbalkenbrücken ist es vielmehr unbedingt erforderlich, über der Tragkonstruktion eine besondere wasserdichte Isolierung aus Asphalttilzplatten oder dergl. anzuordnen, die noch durch eine unter der Fahrbahndecke liegende Betonschutzschicht gegen Beschädigungen gesichert ist.

Sorgfältige Beachtung erfordert auch die Ausbildung der Lager und Gelenke bei grösseren Eisenbetonbalkenbrücken. Die festen Lager und Gelenke lassen sich zumeist in einfacher Weise durch Einlegen von Bleistreifen und durch entsprechende Bewehrung der durch die Streifenbelastung beanspruchten Trägereile und Stützen ausführen; nur bei sehr grossen Spannweiten wird man Stahlkipplager anordnen. Für die beweglichen Gelenklager der eingehängten Träger wird man in der Regel stählerne Rollenlager verwenden, weil an diesen Stellen nur wenig Höhe für die Lagerkonstruktion zur Verfügung steht. (Vergl. Abb. 9.) Auch für die beweglichen Auflager an den Stützen und Wider-

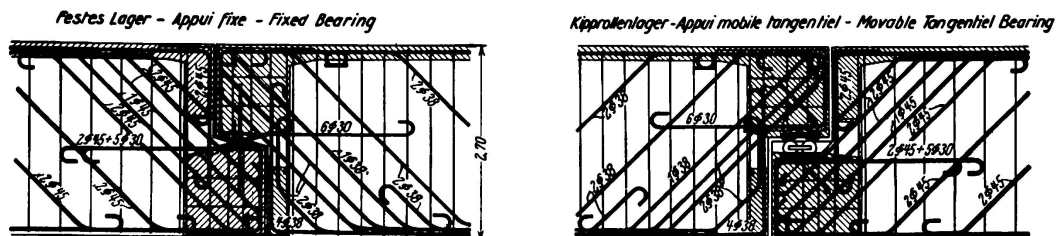


Fig. 9. — Donaubrücke Grossmehring. — Lager des eingehängten Trägers.
Appuis de la poutre suspendue. — Bearings of the Suspended Girder.

lagern kann man solche Rollenlager wählen, häufig ersetzt man sie dort jedoch durch Eisenbetonpendel. Da bei grossen Auflagerdrücken aber die Höhe dieser Pendel mit Rücksicht auf die zulässige Pressung in den Berührungsflächen sehr beträchtlich werden müsste, ordnet man dabei an den Berührungsflächen selbst zumeist besondere kleine Gusstahlkörper oder wenigstens Bleiplatten an.

Grössere Eisenbetonbalkenbrücken erfordern auch eine sehr sorgfältige Bauausführung. Das Einbringen der zahlreichen und dicken Rundeseisen in die hohen Schalungskästen ist nicht einfach, sodass man zumeist während der Montage der Eisen die eine Wand der Trägerschalung offen lässt. Es sind besondere Massnahmen nötig, um die richtige Lage und den richtigen Abstand der Rundeseisen zu gewährleisten. So empfiehlt es sich, bei einer grossen Anzahl oberer Eisen in den durch negative Momente beanspruchten Querschnitten leichte

1. Vergl. L. BERGER. « Beton und Eisen », 1931. Seite 152.

Hilfsstützen aus Profileisen in die Trägerkästen einzubauen, die auf kleine Betonklötze gestellt und mit einbetoniert werden. Bereits beim Entwurf ist auf die Schwierigkeiten Rücksicht zu nehmen, welche bei der Montage der Eisen, namentlich durch die grosse Länge der Stäbe, durch das hohe Gewicht der Bewehrung und durch das Zusammendrängen vieler Eisen an den Stellen der grössten Momente entstehen. Auch die Anordnung der Eisenstösse ist genau zu überlegen, ihre Ausbildung erfolgt durch Spannschlösser oder durch Schweissung. Abbildung 10 und 11 zeigen die Armierung eines Hauptträgers der Donaubrücke Grossmehring. Hier sind Rundeisen bis 32 m Länge verwendet worden, sodass man noch ohne Stossverbindungen der Eisenstäbe ausgekommen ist.

Auch das Einbringen des Betons ist bei grossen Eisenbetonbalkenträgern eine schwierige Aufgabe und es ist daher ratsam, den Betonierungsvorgang, ähnlich wie bei massiven Bogenbrücken, im Voraus festzulegen. Vor allem muss man dabei beachten, dass beim Betonieren Durchbiegungen und Setzungen der Lehrgerüste eintreten, während die Pfeiler und Widerlager in ihrer Höhenlage nahezu unverändert bleiben. Würde man daher die Träger in einem Zuge

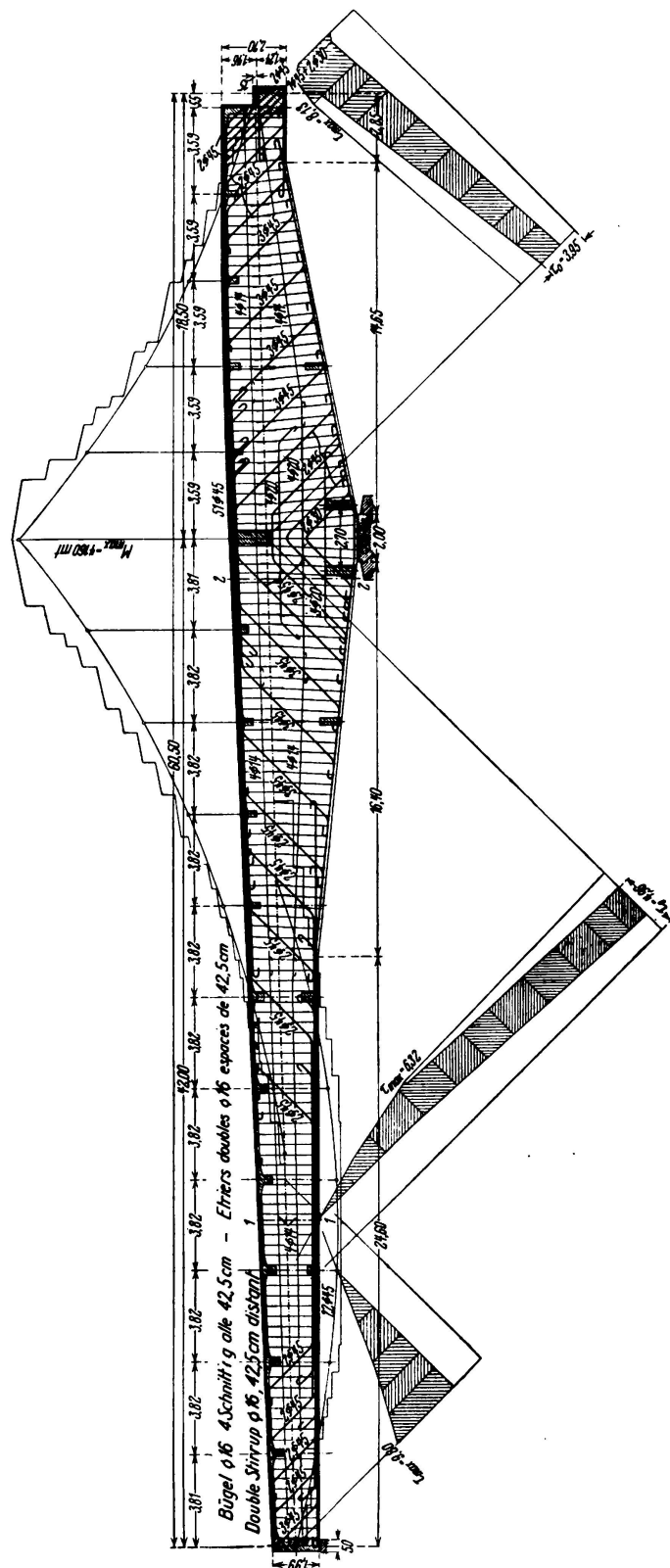


Fig. 10. — Bewehrung des Hauptträgers der Donaubrücke Grossmehring.
 Armature d'une poutre matresse du pont sur le Danube à Grossmehring.
 Reinforcement of Main Girder of the Bridge over the Danube near Grossmehring.

auf die ganze Länge betonieren, so könnten leicht Risse über den Stützen in dem erhärtenden Beton entstehen. Es empfiehlt sich daher, durch besondere Hilfschalungen in den Trägerkästen Lamellen über den Stützen auszusparen, die erst nachträglich geschlossen werden, wenn die Setzungen des Lehrgerüsts eingetreten sind. Auf alle Fälle muss das Lehrgerüst sehr kräftig ausgebildet und sicher gegründet werden. Unter Umständen kann auch eine künstliche Vorbelastung des Lehrgerüsts in Frage kommen. Um ein stossfreies Absenken der Lehrgerüste zu ermöglichen, ist es zweckmässig, nicht hölzerne Keile, sondern die bei den gewölbten Brücken bewährten vollkommeneren Ausrüstungsvorrichtungen zu benutzen. Beachtet man alle erwähnten Vorsichtsmassnahmen, so ist eine einwandfreie Bauausführung grösserer Eisenbetonbalkenbrücken gesichert.

Bis zu welchen grössten Spannweiten es auf Grund der bisherigen Erfah-

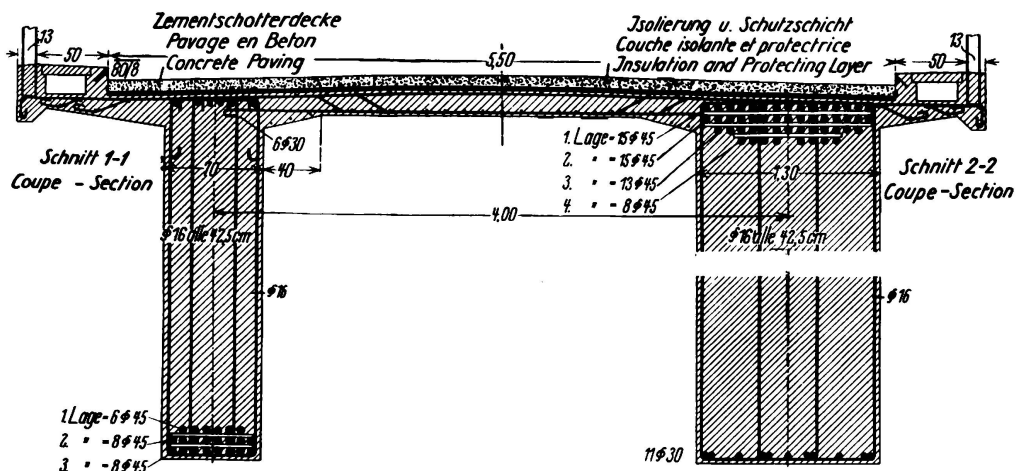


Fig. 11.
Donaubrücke Grossmehring. Querschnitte des Hauptträgers.
Coupes de la poutre maîtresse.
Sections through Main Girder.

rungen und des jetzigen Standes der Betontechnik möglich ist, vollwandige Eisenbetonbalkenbrücken mit konstruktivem und wirtschaftlichem Erfolg zu bauen, kann heute noch nicht mit Sicherheit entschieden werden, da dieses Anwendungsgebiet des Eisenbetons zu neu ist und noch zu wenig grössere Ausführungen vorhanden sind. Zur Zeit ist in Deutschland die Entwicklung im Bau weitgespannter Eisenbetonbalkenbrücken zweifellos durch die Wirtschaftskrise stark gehemmt, obwohl infolge der Zunahme des Autoverkehrs viele Bauaufgaben für Strassenbrücken vorliegen, bei denen sich mit grossen Eisenbetonbalkenträgern geeignete Lösungen finden liessen. Gewisse Anhaltspunkte für die weitere Entwicklung bietet das Ergebnis des im Jahre 1930 veranstalteten Wettbewerbes für die Dreirosenbrücke in Basel, durch den das Problem der weitgespannten Eisenbetonbalkenbrücke starke Anregungen erhalten hat. Das Verhältnis der dort vorgeschriebenen Mindestlichtweiten von $45 + 100 + 45$ m für die drei Oeffnungen der eigentlichen Strombrücke war für Eisenbetonbalkenbrücken zweifellos nicht ungünstig, die Grösse der Mittelöffnung jedoch so bedeutend, dass der Abstand zu den bisherigen Ausführungen als ausserordentlich zu bezeichnen ist. Trotzdem wurden 10 Entwürfe für Eisenbetonbalken-

brücken eingereicht, von denen der von der Firma WAYSS und FREYTAG A. G. zusammen mit Professor MÖRSCH bearbeitete Entwurf den 3. Preis erhielt. In der Regel werden die Eisenbetonbalkenbrücken mit den stählernen Blechträgerbrücken zu konkurrieren haben, die bereits bis 115 m Stützweite ausgeführt worden sind. Deshalb ist es von Interesse, dass bei dem Basler Wettbewerb unter den nach zweimaliger Prüfung noch in engerer Wahl verbliebenen Entwürfen der Durchschnittspreis der Eisenbetonbalkenbrücken (2,72 Mill. Schweiz. Franken) fast der gleiche war, wie derjenige der stählernen Blechträgerbrücken (2,75 Mill. Schweiz. Franken). Der mit dem ersten Preis ausgezeichnete und zur Ausführung bestimmte Entwurf mit vollwandigen Blechträgern kostete allerdings nur 2,35 Mill. Schweiz. Franken und war damit erheblich billiger, als der erwähnte preisgekrönte Eisenbetonentwurf, der mit 3,04 Mill. Schweiz. Franken angeboten war. Wenn dieser Entwurf daher auch noch nicht die Konkurrenzfähigkeit für diese grossen Spannweiten erwiesen hat, so ist er doch eine hervorragende Ingenieurleistung und hat weiteren Fortschritten den Weg bereitet. Die 5 Hauptträger der 18 m breiten Brücke sind bei diesem Entwurf durchlaufende Träger mit 4 Oeffnungen von $56 + 106 + 57,3 + 26$ m Stützweite. Aus Spalte 4 der Tabelle D sind die Hauptabmessungen dieser Träger in der Mitte und an den Stützen der 106 m grossen Oeffnung zu ersehen. Mit Ausnahme eines rund 45 m langen Stückes in der Mitte dieser Oeffnung ist auf der ganzen Brückenlänge eine untere Druckplatte angeordnet, die an den Stützen neben dieser Oeffnung 1,5 m dick ist. Das Verhältnis vom kleinsten zum grössten Trägheitsmoment der Hauptträger ist 1 : 30, wodurch eine wertvolle Verminderung der positiven Feldmomente erzielt ist. Die statische Berechnung ist sehr eingehend und unter Berücksichtigung aller Nebeneinflüsse durchgeführt; besonders interessant ist dabei das Ergebnis, dass Stützensenkungen bis 5 cm nur einen ganz geringen Einfluss auf die Spannungen ausüben. Sehr sorgfältig ist die komplizierte Eisenbewehrung, die Konstruktion der Lager, sowie der Bauvorgang bearbeitet, sodass die Möglichkeit der baulichen Durchführung überzeugend nachgewiesen ist.

Wie gross der Abstand dieses interessanten Entwurfes gegenüber den bisherigen Spitzenleistungen auf diesem Gebiete ist, zeigt die Tabelle D, die einen Vergleich mit 3 der grössten deutschen Eisenbetonbalkenbrücken gibt. Man erkennt daraus die gewaltige Steigerung der aufzunehmenden Momente. Von besonderem Interesse ist dabei, dass gleichwohl der Anteil der Verkehrslast an den Gesamtmomenten nicht allzu stark sinkt; er beträgt bei dem Basler Entwurf am Feldmoment 27 % und am Stützmoment 20 % gegenüber 37 % bzw. 22 % bei der Donaubrücke Grossmehring. Aus der Tabelle D erkennt man aber auch, dass die Eiseneinlagen und die Betonquerschnitte in geringerem Masse zunehmen als der Steigerung der Momente entsprechen würde. Diese Tatsache erklärt sich hauptsächlich daraus, dass bei dem Basler Entwurf mit wesentlich höheren zulässigen Beanspruchungen gerechnet worden ist, als die deutschen Berechnungsgrundlagen für massive Brücken vorschreiben. Unter Annahme eines Betons mit einer Würfel Festigkeit von 350 kg/qcm nach 28 Tagen ist für diesen eine grösste Druckspannung von 85 kg/qcm und für den hochwertigen Stahl der Bewehrung mit einer Streckgrenze von

Tabelle D — Tableau D — Table D.

Nr. Brücke — Pont — Bridge l. max.	1 Neissebrücke in Neisse 41,00 m		2 Sophienbrücke in Bamberg 45,12 m		3 Donaubrücke bei Grossmehring 61,50 m		4 Projekt Dreirosen- brücke Basel 106,00 m		
	tm	%	tm	%	tm	%	tm	%	
<i>Querschnitt in Feldmitte der Hauptöffnung</i> <i>Coupe au milieu de la travée principale</i> <i>Section in the Middle of the Main Span</i>									
Moment eines mittleren Hauptträgers, in tm je 1 m Breite Moment fléchissant d'une poutre maîtresse centrale, en tm. par 1 m. de largeur Bending Moment of a Main Girder in the Middle of the Bridge, in tm. per 1 m. of its Width	M _g M _p M _{g+p}	76 62 138	55 45 100	101 82 183	55 45 100	131 62 193	68 32 100	596 219 815	73 27 100
Desgleichen je Träger in tm. De même par poutre maîtresse The same per Main Girder	M _{g+p}	296		586		628		2606	
Trägerhöhe in m. Hauteur de la poutre en m. Height of Main Girder in m.		2,02		2,20		2,70		2,60	
Breite und Stärke der Druckplatte, in m. Largeur (et épaisseur) de la dalle comprimée, en m. Width (and Thickness) of the Slab under Compression, in m.		2,15 (0,18)		3,20 (0,18)		3,25 (0,18)		3,20 (0,40)	
Rippenbreite in Höhe der Zugeisen, in m. Largeur des nervures à l'endroit de l'armature tendue, en m. Width of the Ribs near the Tensile Reinforcement, in m.		0,45		0,60		0,56		0,60	
Bewehrung eines Trägers Armature d'une poutre Reinforcement of a Girder	F _e F _c	10 Ø 40 + 4 Ø 30	154 cm ²	14 Ø 50	275 cm ²	21 Ø 38	238 cm ²	40 Ø 50	785 cm ²
								12 Ø 50	236 cm ²
<i>Querschnitt an den Stützen der Hauptöffnung</i> <i>Coupe aux appuis voisins de la travée principale</i> <i>Section at the Supports next the Main Span</i>									
Moment eines mittleren Hauptträgers in tm je 1 m Breite	M _g M _p M _{g+p}	357 171 528	68 32 100	311 183 494	63 37 100	1000 280 1280	78 22 100	4510 1100 5610	80 20 100
Desgleichen je Träger in tm.	M _{g+p}	1133		1580		4160		17967	
Trägerhöhe in m.		3,22		3,50		5,35		7,30	
Rippenbreite in m. Largeur des nervures en m. Width of the Ribs in m.		0,90		1,00		1,30		1,30	
Bewehrung eines Trägers	F _e F _c	27 Ø 40 + 6 Ø 30	382 cm ²	26 Ø 50	511 cm ²	51 Ø 45	811 cm ²	96 Ø 50	1889 cm ²
		4 Ø 30	28 cm ²	4 Ø 30	79 cm ²	11 Ø 50	78 cm ²	4 Ø 50	79 cm ²

Bemerkung : M_g = Moment aus ständiger Last
M_p = Moment aus Verkehrslast
Remarque : M_g = Moment fléchissant dû à la charge permanente
M_p = Moment fléchissant dû à la charge accidentelle
Note : M_g = Bending Moment from Dead Load
M_p = Bending Moment from Live Load

1. Mit 1,50 m starker Druckplatte.
Avec une dalle comprimée épaisse de 1,50 m.
With a Slab under Compression 1,50 thick.

3600 kg/qcm eine grösste Zugspannung von 1600 kg/qcm zu Grunde gelegt, wobei für die Spannungsberechnung die Zahl $n = 15$ angenommen ist.

Praktische Erfahrungen über so stark auf Biegung beanspruchte Eisenbetonquerschnitte liegen wohl nicht vor und es müsste noch geprüft werden, ob die unvermeidlichen Zugrisse im Beton dabei nicht etwa eine unzulässige Grösse erreichen. Einen gewissen Masstab für die Beurteilung dieser Frage erhält man ja, wenn man nach Stadium I (mit $n = 15$) die Biegezugspannung σ_{bz} des Betons berechnet. Bei den 3 deutschen Ausführungen gehen die Werte σ_{bz} bis zu etwa 50 kg/qcm. Dagegen ergibt sich bei dem Basler Entwurf für den Stützenquerschnitt $\sigma_{bz} = 63$ kg/qcm und für den Querschnitt in der Mitte der grossen Oeffnung $\sigma_{bz} = 92$ kg/qcm. Am Stützenquerschnitt wird die Zugzone durch die oben liegende Fahrbahnplatte in vorteilhafter Weise vergrössert, während im Untergurt des durch positive Momente beanspruchten Plattenbalkenquerschnittes die Verhältnisse besonders ungünstig liegen. Eine Erhöhung erfahren die errechneten Werte σ_{bz} noch durch die primären Schwindspannungen, die bei den starken Bewehrungen erheblich sind. Bedenkt man, dass sich mit den heute am Bau herstellbaren besten Betonsorten plastischer Konsistenz wohl kaum höhere Biegezugfestigkeiten als etwa 50 kg/qcm erreichen lassen, so erscheint es fraglich, ob man so hohe Biegebeanspruchungen des bewehrten Betons zur Zeit für Brückenbauten zulassen soll. Da die Abmessungen der Betonquerschnitte und damit das Eigengewicht sehr stark von den zulässigen Betonbeanspruchungen beeinflusst werden, so wird von der Entscheidung über diese Frage auch die Grenze der Spannweite sehr abhängig sein, bis zu der man Eisenbetonbalkenbrücken zur Zeit konstruktiv einwandfrei und mit wirtschaftlichem Erfolg ausführen kann. Ausserdem zeigen diese Ueberlegungen, dass neben baulichen Massnahmen zur Erhöhung der Rissesicherheit vor allem die Steigerung der Qualität des Betons, insbesondere seiner Biegezugfestigkeit, für die künftige Entwicklung der weitgespannten Eisenbetonbalkenbrücken von erheblicher Bedeutung sein wird.

TRADUCTION

Pendant les premières dizaines d'années du développement du béton armé en Allemagne, ce mode de construction n'a été utilisé que sous la forme de poutres en arc. Cela s'explique d'une part par l'existence de nombreux exemples heureux de ponts en arc, en maçonnerie et en béton. Mais d'autre part, étant donné que la question du danger des fissures n'était pas encore suffisamment éclaircie à cette époque, on a certainement hésité à admettre des efforts de flexion élevés pour les constructions de ponts de grande portée; on leur a préféré des dispositifs porteurs soumis presque exclusivement aux efforts de compression axiaux. Ce n'est qu'après avoir atteint un certain progrès dans l'étude et la construction des poutres en ciment armé et lorsque les qualités matérielles du béton armé furent améliorées, que l'on a pu franchir de grandes portées au moyen de ces poutres. Ce mode de construction présente,

beaucoup des taux de sécurité admis pour le béton, la décision prise à ce sujet exercera une influence prépondérante sur la limite de portée actuellement admissible pour la construction des ponts à poutres en béton armé, avec garantie de succès tant technique qu'économique. Ces considérations montrent que, outre les dispositions à adopter pour l'augmentation de la sécurité contre le danger des fissures, c'est avant tout l'augmentation de la résistance du béton à la traction, qui exercera une influence décisive sur le développement ultérieur de la construction des ponts à poutres en béton armé de grande portée.

Zusammenfassung.

Für die Entwicklung der grösseren Eisenbetonbalkenbrücken (Spannweite $l \geq 30$ m) in Deutschland ist charakteristisch, dass sie sämtlich Strassenbrücken sind und durchwegs vollwandige Hauptträger besitzen, die in der Regel unter der Fahrbahn liegen. Nur vereinzelt sind sogenannte Trogbrücken ausgeführt, bei denen die Fahrbahn versenkt zwischen den beiden Hauptträgern angeordnet ist. Die statischen Grundformen der Hauptträger sind durch die Tatsache beeinflusst, dass grosse negative Stützmomente viel leichter konstruktiv zu bewältigen sind als grosse positive Feldmomente. Deshalb sind Brücken mit mehreren Oeffnungen das eigentliche Anwendungsgebiet für grössere Eisenbetonbalkenbrücken, während Brücken mit einer Oeffnung bei $l \geq 30$ m besondere künstliche Massnahmen (Einspannung, entlastende Kragarme, Rahmenwirkung) erfordern, um die positiven Feldmomente zu vermindern. Für die Brücken mit mehreren Oeffnungen haben in Deutschland neben den durchlaufenden Trägern vor allem die statisch bestimmten Auslegerträger Anwendung gefunden. Die bedeutendste Ausführung dieser Art ist die Donaubrücke Grossmehring, mit einer Mittelöffnung von 61,5 m und zwei Seitenöffnungen von 42 m.

Sehr gefördert wurde die Entwicklung durch die im Jahre 1930 erschienenen « Berechnungsgrundlagen für massive Brücken »; besonders hat sich die Erhöhung der zulässigen Druckbeanspruchung des Betons und die dadurch bedingte Verminderung des Brücken-Eigengewichtes günstig ausgewirkt. Bei den bisherigen Ausführungen konnten wertvolle Erfahrungen gesammelt werden, namentlich über die rationelle Querschnittsausbildung, die Anordnung der Bewehrung, die Lagerkonstruktionen und über den Betonierungsvorgang. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten für grössere Eisenbetonbalkenbrücken sind von deutscher Seite bei dem Wettbewerb für die Dreierisenbrücke in Basel gezeigt worden. Bis zu welcher grössten Spannweite vollwandige Eisenbetonbalkenbrücken ausführbar sein werden, hängt vor allem von der zulässigen Betonbeanspruchung ab, sodass die Gütesteigerung des Betons und besonders auch die Erhöhung seiner Biegezugfestigkeit von erheblicher Bedeutung für die künftige Entwicklung dieser Brücken sein wird.

Résumé.

Si l'on étudie le développement des ponts à poutres en béton armé de grande portée en Allemagne (portées supérieures à 30 mètres), on constate ce