

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

2647

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

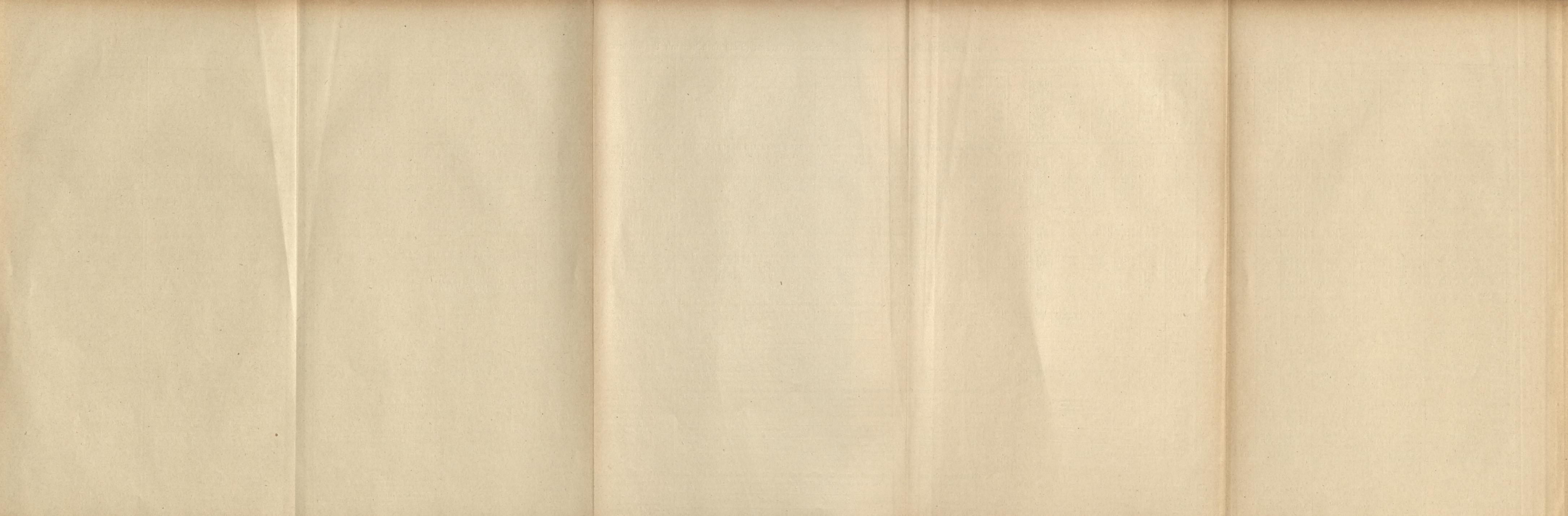


10000297418

x
2.133

DER WIRTSCHAFTLICHE WETTBEWERB
VON
EISEN UND EISENBETON IM BRÜCKENBAU.





Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1918
by Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag, Berlin.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

112647

Akc. Nr. 1788/49

Vorwort.

Wer die Entwicklung des Brückenbaues in den letzten beiden Jahrzehnten verfolgt hat, weiß, daß neben den eisernen und in Stein gewölbten Brücken die Beton- und Eisenbetonbrücken wegen ihrer Wirtschaftlichkeit immer mehr in Aufnahme kamen. Bei kleineren, mittleren, selbst größeren Spannweiten wurden vielfach die ersteren durch die letzteren verdrängt. Nicht zuletzt trug hierzu die Vervollkommnung des Eisenbetonbaues bei, der infolge weiterer Durchbildung der Konstruktionen immer mehr verbilligt werden konnte. Die Behörden und Privatgesellschaften, die meist Brücken zu bauen hatten, mußten sich oft wider Willen dazu entschließen, von dem Althergebrachten abzugehen und sich der neuen, vielfach wirtschaftlicheren Bauweise, dem Eisenbetonbau, zuzuwenden. Es fehlte ihnen jedoch häufig die Erfahrung und die Handhabe, selbst die Entscheidung zu treffen, welche Bauweise in einem besonderen Falle die wirtschaftlichste war; eine endgültige Beantwortung der Frage war erst auf Grund ausführlicher Entwürfe mit Kostenanschlägen möglich. In vorliegendem Werk soll nun diese Frage, soweit es möglich ist, allgemein gelöst und dem Ingenieur in besonderen Fällen die Mittel an die Hand gegeben werden, beide Brückenarten schnell zu veranschlagen; über den Weg, der beschritten wird, ist in der Schrift selbst näheres mitgeteilt.

Die umfangreichen Vorarbeiten, die hierzu erforderlich waren, wie statische Untersuchungen, Gewichts- und Massenermittlungen der verschiedenen Arten von Eisen- und Eisenbetonbrücken, reichen in das Jahr 1912 zurück; 1915 war die Handschrift beendet. Die Drucklegung erfolgt jedoch erst jetzt, und zwar aus Ursachen, die in der Kriegsdauer zu suchen sind.

Die den Kostenermittlungen zugrunde gelegten Baustoffpreise, Arbeitslöhne usw. entsprechen der Wirtschaftslage vor dem Kriege. Während des letzteren sind jedoch Preise und Löhne erheblich gestiegen und sind mit Rücksicht auf die abnormen Verhältnisse fortwährenden Schwankungen unterworfen. Wann ein dauernder Zustand in der Kostenberechnung eintreten wird, läßt sich noch nicht annähernd übersehen.

Da jedoch sämtliche Baustoffpreise, Arbeitslöhne, Frachten usw. in die Höhe gegangen sind, kann angenommen werden, daß sich die Ergebnisse der Untersuchungen nur wenig ändern, umsomehr, als kleine Veränderungen in den Einzelkosten von vornherein ausgeschaltet sind. Es ist auch zu bedenken, daß die der Preisberechnung zugrunde gelegten Bauwerke nur die meist vorkommenden Brückensysteme darstellen, die

den wirklichen Verhältnissen entsprechend zu betrachten sind, wenn die vorliegenden Ergebnisse verwendet werden sollen. Auch zum Veranschlagen von Brücken in Eisen und Eisenbeton sind die gebrachten Zusammenstellungen der Kosten nach wie vor zu benutzen, wenn man die Einzelkosten entsprechend der jeweiligen Marktlage erhöht bzw. die Endsummen prozentual vergrößert.

Die im Text enthaltenen Zahlentafeln sind der leichten Handhabung wegen nur einseitig gedruckt hergestellt worden.

Wertvolles, zum großen Teil unveröffentlichtes Material (Tafel I bis IV des Anhangs) hat der Verfasser vom Tiefbauamt IV Charlottenburg (Röntgenbrücke in Charlottenburg), ferner von nachbenannten Firmen erhalten:

- Actiengesellschaft für Beton- und Monierbau, Berlin. (Eine Reihe von Balken- und Bogenbrücken in Eisenbeton);
- Braß & Hertset, Berlin-Marienfelde. (Stubenrauchbrücke in Oberschöneweide bei Berlin, Straßenbrücke in Deutsch-Eylau);
- Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten-Aktiengesellschaft, Abt.: Dortmunder Union. (Königsbrücke in Magdeburg);
- Gutehoffnungshütte, Aktienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb, Oberhausen. Abt.: Brückenbau in Sterkrade. (Kornhausbrücke bei Bern, Rheinbrücken bei Bonn und Düsseldorf);
- Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen. (Überführung der Nenndorfer Chaussee beim Bahnhof Linden-Fischerhof in Hannover);
- Philipp Holzmann & Cie., G. m. b. H., Frankfurt a. M. (II. Neckarbrücke in Mannheim);

Es ist dem Verfasser daher ein Bedürfnis, der genannten Behörde, sowie den aufgeführten Firmen an dieser Stelle für ihr bereitwilliges Entgegenkommen seinen Dank zu erstaten.

Mit der vorliegenden Arbeit, die als Ergänzung der bisher verfaßten Bücher über Brückenbau angesehen werden kann, hofft der Verfasser ein Werk geschaffen zu haben, das sich als wichtiges Rüstzeug für den im Eisen- und Eisenbetonbau tätigen Bauingenieur dauernd bewähren wird; er hofft ferner einen Beitrag zu der wichtigen Frage der Wirtschaftlichkeit einer Brückenanlage geliefert zu haben, die in Hinsicht auf den hohen Stand des heutigen Brückenbaues bei der Entwurfsbearbeitung nicht unberücksichtigt bleiben kann.*) Dies trifft umso mehr zu, als bei Wiederaufnahme der Bautätigkeit nach dem Kriege sich innerhalb gewisser Grenzen fortwährend ändernde wirtschaftliche Verhältnisse vorfinden werden. Die Schrift weist aber zugleich den Weg, welcher eingeschlagen werden muß, wenn die bisherige Grenze von 100 m Spannweite für Eisenbetonbrücken überschritten werden soll.

*) Vergl. auch Schönhöfer, Die wirtschaftlich günstigste Anordnung einer Brückenanlage. Berlin 1916. Wilhelm Ernst u. Sohn.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Erster Abschnitt.	
Allgemeines über Kosten und Kostenvergleiche von Brücken. Gang der Untersuchung	I
Zweiter Abschnitt.	
Massen der Überbauten aus Eisen und Eisenbeton	4
A. Massen der Überbauten aus Eisen	4
I. Allgemeines	4
II. Balkenbrücken	5
III. Bogenbrücken	9
1. Fahrbahn und Fußwege	9
2. Hauptträger	10
3. Querverbindungen	17
4. Auflager	18
5. Gesamtes Eisengewicht	18
B. Massen der Überbauten aus Eisenbeton	27
I. Allgemeines	27
II. Balkenbrücken	28
III. Bogenbrücken	31
1. Gewölbe mit Überschüttung	31
2. Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln	32
3. Brücken mit einzelnen Bogenträgern ohne und mit Zugband	47
Dritter Abschnitt.	
Kosten der Brücken aus Eisen und Eisenbeton (einschl. Widerlager)	48
A. Kosten der Überbauten aus Eisen	48
I. Allgemeines	48
1. Durchschnittspreis des Baustoffs	48
2. Bureauunkosten	49
3. Werkstattlöhne	49
4. Allgemeine Unkosten	49
5. Anstriche	50
6. Beförderungskosten	50
7. Rüstungen	50
8. Aufstellung	52
9. Aufstellungunkosten	52
10. Vermittlungsgebühr	52
11. Selbstkosten, Verdienst, Angebotpreis	52
II. Balkenbrücken	53
III. Bogenbrücken	59

VIII

	Seite
B. Kosten der Überbauten aus Eisenbeton	60
I. Allgemeines	60
1. Beton	61
2. Schalung	62
3. Eisenbewehrung	63
4. Schalgerüst	63
5. Unkosten und Verdienst	67
II. Balkenbrücken	67
III. Bogenbrücken	68
1. Gewölbe mit Überschüttung	68
2. Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln	71
3. Überbauten mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband	72
4. Überbauten mit einzelnen Bogenträgern mit Zugband	83
C. Kosten der Widerlager der eisernen Brücken	84
I. Allgemeines	84
II. Balkenbrücken	89
III. Bogenbrücken	89
1. Bogenbrücken ohne Zugband	89
2. Bogenbrücken mit Zugband	89
D. Kosten der Widerlager der Eisenbetonbrücken	90
I. Allgemeines	90
II. Balkenbrücken	90
III. Bogenbrücken	90
1. Gewölbe mit Überschüttung	90
2. Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln	95
3. Brücken mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband	95
4. Brücken mit einzelnen Bogenträgern mit Zugband	95

Vierter Abschnitt.

Kostenvergleich und Schlußfolgerungen. Zusammenfassung der Ergebnisse	96
A. Kostenvergleich und Schlußfolgerungen	96
I. Allgemeines und Unterhaltungskosten	96
II. Balkenbrücken	99
III. Bogenbrücken	100
1. Einfluß der Gehwegauskragungen (Konsolen)	100
2. Brücken ohne Zugband	103
3. Brücken mit Zugband	111
B. Zusammenfassung der Ergebnisse	115

Anhang.

Tafeln über Gewichte, Massen und Kosten ausgeführter Straßenbrücken in Eisen und Eisenbeton	117
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Erster Abschnitt.

Allgemeines über Kosten und Kostenvergleiche von Brücken. Gang der Untersuchung.

Neben den hölzernen Brücken, die hauptsächlich vorübergehenden Zwecken dienen, kommen dem Baustoff nach heute zwei Brückenarten in Betracht: eiserne und massive Brücken.

Letztere können aus natürlichen Steinen (Granit, Kalkstein, Sandstein), aus Backsteinen (Klinker), ferner aus Beton und Eisenbeton bestehen.

Die Beton- und Eisenbetonbrücken lassen sich vielfach nicht streng scheiden, da die aus Beton hergestellten Bauwerke aus bestimmten Gründen häufig Eiseneinlagen erhalten, die rechnerisch nicht erforderlich sind. Das letztere ist z. B. bei Gewölben der Fall, die bei genügender Stärke stets so geformt werden können, daß keine Zugspannungen auftreten.

Auch bei einer Reihe neuerer Brücken (Isarbrücke bei Grünwald, Gmündertobelbrücke bei Teufen, Halenbrücke in Bern) ist der Hauptbogen bewehrt, trotzdem dies nicht nötig gewesen wäre, und zwar aus Sicherheitsgründen, d. h. um den etwa auftretenden, nicht durch die Rechnung berücksichtigten Zugspannungen (Nebenspannungen) infolge ungenauer Ausführung der theoretisch ermittelten Bogenform, ungleicher Senkung des Lehrgerüsts, Nachgeben der Widerlager, namentlich aber infolge Schwindens des Betons, Rechnung zu tragen.

Wegen ihrer Anpassungsfähigkeit und Billigkeit treten die Eisenbetonbrücken zu den eisernen Brücken in immer schärferen wirtschaftlichen Wettbewerb. Dies gilt insbesondere bei kleinen und mittleren Spannweiten.

Im besonderen sei auf die Balkenbrücken hingewiesen, deren Ausführung in massiver Bauart erst die Fortschritte des Eisenbetons ermöglicht haben. Im Zusammenhang hiermit steht ferner die Möglichkeit, den Aufbau über den Bogen- und Wölbtragwerken in Platten, Rippen und Stützen mit sehr geringen Stärken aufzulösen; durch solche Verringerung der Massen wird nicht nur eine Verbilligung des Aufbaues selbst erreicht, sondern auch eine Verringerung der ständigen Belastung. Die Bogen- oder Wölbtragwerke können deshalb auch ihrerseits kleinere

Abmessungen als bei den älteren Ausführungsarten erhalten, bezw. kann man zu größeren Spannweiten übergehen, als dies früher möglich war, ohne die Wirtschaftlichkeit des Bauwerks in Frage zu stellen.

Der wirtschaftliche Vergleich der Brücken aus Eisen und Eisenbeton setzt naturgemäß voraus, daß die technischen Bedingungen, an welche die Ausführung der Bauwerke geknüpft, für beide Baustoffe die gleichen sind und daß die Herstellung in beiden Baustoffen überhaupt möglich ist. So können z. B. beschränkte Bauhöhe, freie Durchsicht u. dergl. von vornherein für die Wahl des Baustoffes bestimmend sein.

Andererseits wird die Entscheidung in einem bestimmten Falle vielleicht aus Schönheitsrücksichten oder wegen der einfacheren Unterhaltung auf eine massive Brücke fallen, wenn auch die eiserne Brücke billiger wäre. Der letztere Fall könnte insbesondere dann eintreten, wenn die Brücke an einer entlegenen Stelle gebaut werden soll, wo die Unterhaltung bezw. Überwachung umständlich sein würde.

Nicht immer also ist die wirtschaftliche Seite für die Wahl des Baustoffes allein ausschlaggebend.

Bei gleichen technischen Bedingungen kann aber umgekehrt der wirtschaftliche Vergleich zur Wahl eines der beiden Baustoffe führen, selbst wenn vielleicht aus Schönheitsgründen der andere Baustoff den Vorzug verdienen würde. Hieraus folgt, daß in der Regel zur Beurteilung der Frage, ob eine eiserne oder massive Brücke am Platze ist, ein Kostenvergleich angestellt werden muß.

Die Kosten eines Bauwerks ergeben sich aus den zu seiner Ausführung erforderlichen Baustoffmengen, deren Lieferung und Verarbeitung bis zum fertigen Bauwerk und den hierzu nötigen Nebenarbeiten. Die Abmessungen der einzelnen Bauteile sind für die vorgeschriebenen Belastungen statisch zu ermitteln. Aus den Baustoffmengen und den bekannten Einheitspreisen sind die Einzelkosten und hieraus wieder die Gesamtkosten der Brücke zu bestimmen. Diese Arbeit ist also für beide Brückenarten durchzuführen.

Bei jeder Brücke sind zu unterscheiden: das eigentliche Tragwerk bezw. der Überbau und die Widerlager (Pfeiler) bezw. der Unterbau.

Der Kostenvergleich der betrachteten beiden Brückenarten bezieht sich vor allem auf den Überbau, da dessen Ausbildung mehr Abarten zuläßt wie die des Unterbaues, der aus dem gleichen Baustoff vorausgesetzt werden kann.

Über die Verteilung der Kosten auf den Über- und Unterbau lassen sich keine Regeln angeben. Bei guten Baugrundverhältnissen entfallen auf den ersteren meist die Hauptkosten (vergl. auch Zusammenstellung 29 u. 29a). Sind jedoch für die Widerlager schwierige Grün-

dungen erforderlich, so können die Kosten für diese weit höher als für den Überbau werden. Solche Fälle treten z. B. bei Überbrückung großer Ströme ein, bei denen die Untergrundverhältnisse derart sind, daß die Brückenpfeiler lange Pfähle, kostspielige Luftdruckgründungen usw. erfordern.

Die Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Brücken in Eisen und Eisenbeton sind in vorliegender Abhandlung auf normale Fälle beschränkt. Es ist guter Baugrund angenommen und den Betrachtungen eine Öffnung zugrunde gelegt, die für sich ein Bauwerk oder den Teil einer Brücke mit mehreren Öffnungen darstellen kann. Die Ergebnisse können in letzterem Falle ohne weiteres auf Brücken mit mehreren Öffnungen übertragen werden.

Auf den Weg, der zur Lösung der Aufgabe nach der Wirtschaftlichkeit von Brücken aus Eisen und Eisenbeton führt, ist schon andeutungsweise hingewiesen. Nach diesem sind Brücken aus beiden Baustoffen veranschlagt und die Kosten verglichen. Es sind für die Hauptformen der beiden Brückenarten, bei gleichen Spannweiten und bei sonstigen gleichen Verhältnissen, die Abmessungen statisch berechnet und aus diesen die Massen ermittelt. Auf Grund dieser Massen sind, wie später gezeigt wird, die Kosten berechnet und für beide Baustoffe gegenübergestellt. Diese Untersuchungen sind für Balkenbrücken bis 20 m und für Bogenbrücken bis 100 m Lichtweite gemacht, entsprechend den Grenzen, bis zu welchen etwa zur Zeit Eisenbetonbrücken überhaupt ausgeführt sind.

Da die Bogenbrücken mit Zugband aus beiden Baustoffen in die Betrachtungen mit einbezogen sind, ist damit auch der Vergleich von eisernen Fachwerkbalkenbrücken von 20 bis 100 m Lichtweite mit Bogenbrücken aus Eisenbeton durchgeführt, denn das Gewicht der eisernen Fachwerkbalkenbrücken ist ungefähr gleich dem der eisernen Bogenbrücken mit Zugband. Wenn auch die letzteren infolge der dritten Gurtung in der Regel schwerer wie die ersteren sind,¹⁾ so kann doch dieser Umstand für die vorliegenden Untersuchungen, bei denen es sich nur um überschlägliche Gewichtsangaben handelt, außer acht gelassen werden.

Die Untersuchungen beziehen sich nur auf Straßenbrücken, da einerseits Eisenbetonbrücken in der großen Mehrzahl fast ausschließlich für Straßenverkehr hergestellt sind und andererseits sich aus den Endergebnissen leicht Schlüsse für den Fall ziehen lassen, daß Eisenbahnstatt Straßenverkehr in Betracht gezogen wird. Den Übergang zu beiden

¹⁾ Vergl. Schaper, Eigengewichte von einfachen Balkenträgern und Bogenträgern mit Zugband. Zentralbl. d. Bauv. 1909, S. 176, 243, 324; desgl. 1912, S. 147-

Verkehrsarten bilden die Straßenbrücken, die neben dem gewöhnlichen Straßenverkehr auch noch eine Kleinbahn (elektrische Bahn u. dergl.) aufzunehmen haben.

Zum Vergleich der ermittelten Massen und Kosten von Brücken aus Eisen und Eisenbeton mit geplanten und ausgeführten Bauwerken befinden sich im Anhang Tafeln, in denen eine große Zahl von Brücken mit den wichtigsten Angaben zusammengestellt sind. Diese Tafeln, auf die später an geeigneter Stelle noch verwiesen wird, geben zugleich eine Übersicht über die bedeutendsten bisher sowohl in Eisen als auch Eisenbeton ausgeführten Brücken.

Zweiter Abschnitt.

Massen der Überbauten aus Eisen und Eisenbeton.

A. Massen der Überbauten aus Eisen.

I. Allgemeines.

Die Massen der eisernen Überbauten werden durch das Gewicht der einzelnen Teile der fertigen Eisenkonstruktion dargestellt, da es üblich ist, den Preis derselben für je 100 bzw. 1000 kg des fertig aufgestellten Überbaues anzugeben.

Es ist nötig, für die zum Vergleich gewählten Brückensysteme die Gewichte der einzelnen Teile zu bestimmen. Dies geschieht auf Grund von statischen Untersuchungen, die bei dem großen Umfang der erforderlichen Berechnungen nur überschläglich durchgeführt werden können; insbesondere sind hinsichtlich der Belastungsannahmen entsprechende Vereinfachungen getroffen. Für die Gewichtsbestimmung sind die Berechnungen jedoch vollkommen ausreichend, da es sich leicht übersehen läßt, welche Belastungsfälle die ungünstigsten Ergebnisse liefern.¹⁾

Ziemlich genau läßt sich das Gewicht der Fahrbahn ermitteln, während für die Hauptträger zu den angedeuteten Annäherungsberechnungen Zuflucht genommen werden muß.

Sowohl für die Balken- als auch Bogenbrücken ist eine möglichst leichte Fahrbahn gewählt, nämlich eine solche, bestehend aus 13 cm hohem Holzpflaster auf Beton über Belägeisen N. P. 11, ähnlich wie sie bei einer großen Zahl neuerer Straßenbrücken ausgeführt ist; der Beton ist über den Belägeisen 8 cm stark angenommen. Durch die leichte

¹⁾ Die statischen Berechnungen, Gewichtsermittlungen, Massenbestimmungen usw. sind als Nebenrechnungen nicht in die vorliegende Abhandlung aufgenommen.

Fahrbahndecke soll die ständige Belastung und damit auch das Eigengewicht möglichst vermindert werden, da bei dem Kostenvergleich für die Eisenkonstruktion natürlich die geringsten Kosten einzuführen sind. Bei den eisernen Überbauten ist, insbesondere bei großen Spannweiten, das Gewicht der Fahrbahndecke von Einfluß auf das Eisengewicht, somit auf die Kosten, während bei Eisenbetonbrücken eine schwere Fahrbahn,

etwa mit Steinpflaster, keinen nennenswerten Kostenunterschied gegenüber der Brücke mit leichterer Fahrbahn ergibt.

Die Kosten der Fahrbahndecke selbst, also des Pflasters mit Unterbeton, sind hierbei, wie überhaupt in allen späteren Untersuchungen, außer acht gelassen.

Das Eigengewicht der zugrunde gelegten Fahrbahndecke und -tafel setzt sich wie folgt zusammen (Abb. 1):

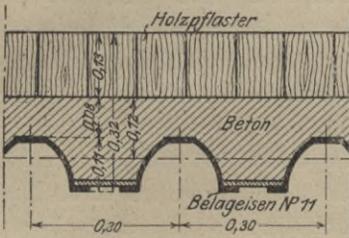


Abb. 1.

Holzpfaster, 0,13 m stark, 0,13 · 900	=	117 kg/qm
Beton, i. M. 0,12 m stark, 0,12 · 2200	=	264 „
Belageisen N. P. 11 (19,0 kg/m) $\frac{19,0}{0,30}$	=	63 kg/qm
einschl. Befestigung	= rd.	69 „
Eigengewicht der Fahrbahndecke und -tafel	=	<u>450 kg/qm.</u>

Auch die Fußwege sind möglichst leicht angenommen, bestehend aus 2 cm Gußasphalt auf Beton über Belageisen N. P. 5; der Beton ist über dem Belageisen 3 cm stark.

Das Eigengewicht der Fußwegdecke und -tafel setzt sich wie folgt zusammen (Abb. 2.):

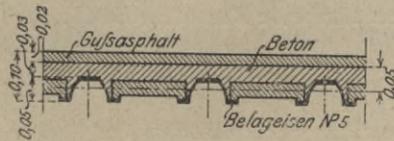


Abb. 2.

Gußasphalt, 0,02 m stark, 0,02 · 1500	=	30 kg/qm
Beton, i. M. 0,05 m stark, 0,05 · 2200	=	110 „
Belageisen N. P. 5 (5,3 kg/m) $\frac{5,3}{0,24}$	= rd.	20 „
Eigengewicht der Fußwegdecke und -tafel	=	<u>160 kg/qm.</u>

II. Balkenbrücken.

Die eisernen Balkenbrücken sind zum Vergleich mit den Eisenbetonbrücken möglichst leicht ausgebildet. Die Fahrbahntafel besteht aus Belageisen, die bis 10 m Lichtweite der Brücke unmittelbar auf den 1,2 m entfernten Hauptträgern ruhen. Von 12 bis 20 m Lichtweite sind

Längs- und Querträger angeordnet. Die letzteren sind an die Hauptträger, deren Abstand 4 m beträgt, angeschlossen. Diese Bauart ergibt, wie durch Vergleichsberechnung festgestellt, ein geringeres Gewicht als die bei den kleineren Spannweiten gewählte Anordnung. Statt der mit Beton überstampften Belageisen könnten billigere Eisenbetonplatten angenommen werden; von diesen ist jedoch abgesehen, da zum Vergleich eine reine Eisenbrücke herangezogen werden soll. Aus dem gleichen Grunde sind auch Brücken mit einbetonierten Walzträgern, die sich bekanntlich bis etwa 15 m Lichtweite in der Regel wohlfeiler als reine Eisenkonstruktionen stellen,¹⁾ von den Betrachtungen ausgeschlossen. Diese Bauweise kann gewissermaßen als Mittelding zwischen den beiden zu vergleichenden Ausführungsarten in Eisen und Eisenbeton angesehen werden. Es ist auch zu erwähnen, daß sich Buckelbleche teurer als die gewählten Belageisen stellen, da sie höhere Materialkosten und Arbeitslöhne (viel Nietarbeit) erfordern (vergl. auch S. 49). Die eisernen Balkenbrücken sind, wie schon auf S. 3 angedeutet, nur bis 20 m Lichtweite in Vergleich gestellt, da dies auch etwa die Grenze für normale Eisenbetonbalkenbrücken (Plattenbalkenbrücken) ist und von dieser Lichtweite ab im allgemeinen mit dem Bau von Eisenbetonbogenbrücken begonnen werden kann.

Fahrbahn und Hauptträger der eisernen Balkenbrücken sind für eine Dampfwalze von 23 t Gewicht mit den üblichen Abmessungen²⁾ berechnet. Als zulässige Beanspruchung ist für beide 800 kg/qcm zugelassen. Die Hauptträgerhöhen sind ungefähr gleich den der Eisenbetonbalkenbrücken (vergl. S. 31) angenommen, indem für beide Baustoffe die gleichen Höhenverhältnisse vorausgesetzt sind.

Das Gewicht der 0,30 m entfernt angenommenen Belageisen N. P. 11 beträgt $\frac{19,0}{0,30} = \text{rd. } 64 \text{ kg/qm}$. Das Gewicht der Fahrbahn der Balkenbrücken, von 12 m Lichtweite ab, beträgt 180 kg/qm und ist der Zusammenstellung 2 entnommen, wo es für die Bogenbrücken unter gleichen Verhältnissen ermittelt ist. Das Gewicht der Windverbände und Querkreuze der Hauptträger ist nach überschläglicher Berechnung zu je 10 kg/qm, zusammen also zu 20 kg/qm Grundfläche eingeführt.

Das Gewicht der Auflager kann erfahrungsgemäß zu etwa 5 vH. des Hauptträgergewichtes angenommen werden; es ist zu letzterem zugeschlagen ohne Rücksicht darauf, daß die Auflager aus anderem Material (Stahlguß) wie die Hauptträger (Flußeisen) bestehen.

Die Ergebnisse der Gewichtsbestimmung zeigt Zusammenstellung 1.

¹⁾ Vergl. Kommerell, Tabellen für Straßenbrücken aus einbetonierten Walzträgern, S. 18 u. f. Berlin 1912. Wilhelm Ernst u. Sohn.

²⁾ Vergl. „Hütte“ III, 22. Aufl., S. 62. Berlin 1915. Wilhelm Ernst u. Sohn.

Zusammenstellung 1.

Eisengewichte der Balkenbrücken bis 20 m Lichtweite.

Licht- weite l_0 m	Stütz- weite l m	Gewicht der				Gesamtes Eisen- gewicht kg/qm
		Fahrbahn kg/qm	Hauptträger einschl. Auflager		Querver- bindungen kg/qm	
			für 1 m Stützweite kg/qm	für 1 qm Grundfläche kg/qm		
4	4,4	64	100	83	20	167
6	6,6	64	140	117	20	201
8	8,6	64	180	150	20	234
10	10,7	64	200	167	20	251
12	12,7	180	360	90	20	290
14	14,8	180	400	100	20	300
16	16,8	180	460	115	20	315
18	18,8	180	520	130	20	330
20	20,8	180	600	150	20	350

III. Bogenbrücken.

1. Fahrbahn und Fußwege.

Das Gewicht des Fahrbahnrostes ist unmittelbar durch Rechnung bestimmt, und zwar für Hauptträgerabstände $a = 4, 6, 8, 10$ m, die zugleich die Stützweiten der Querträger darstellen, und für Feldweiten $\lambda = 3, 4, 5, 6$ m, die als Stützweiten der Längsträger einzuführen sind (Abb. 3). Die Ausladung der Fußwege ist den Hauptträgerabständen entsprechend zu $c = 1,5, 2,0, 2,5, 3,0$ m gewählt. Als Belastung ist eine Dampfwalze von 23 t Gewicht angenommen, da diese Belastung im Vergleich zu der durch Lastwagen erzeugten in der Regel den ungünstigeren

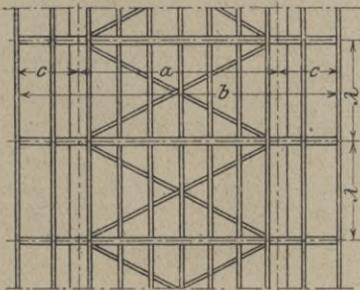
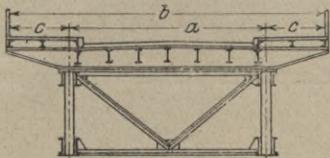


Abb. 3.

Fall darstellt. Für die Fußwege ist eine Verkehrslast von 500 kg/qm, gleichmäßig verteilt, zugrunde gelegt.

Die zulässige Beanspruchung ist sowohl für Fahrbahn als auch Fußwege zu 800 kg/qcm, wie bei neueren Straßenbrücken üblich, festgesetzt. Der Abstand der Längsträger ist zu etwa 1,2 m angenommen, da hierfür noch Belageisen N. P. 11 mit einem Gewicht von 64 kg/qm ausreichen.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in den Zusammenstellungen 2 und 3 niedergelegt.

Zum Vergleich mit den ermittelten Gewichten sind im Anhang die Tafeln I und II beigegeben, aus welchen die Fahrbahngewichte einer großen Zahl

von Wettbewerbsentwürfen (Tafel I) sowie von ausgeführten Bogenbrücken (Tafel II) hervorgehen. Es ist jedoch beim Vergleich der Gewichte zu beachten, ob sie auf 1 qm Fahrbahn (bei Brücken ohne Konsolen) oder auf 1 qm Brückengrundfläche (bei Brücken mit Konsolen) bezogen sind; in letzterem Falle sind die Gewichte natürlich kleiner als in ersterem. Die in Zusammenstellung 2 ermittelten Fahrbahngewichte sind in den nachfolgenden Tabellen zur Bestimmung der Gesamtgewichte verwandt, und zwar sind sie bei den Brücken ohne Konsolen unmittelbar eingeführt, während sie bei den Brücken mit Konsolen auf die ganze Breite $b = a + 2c$ verteilt sind. Die Fußweggewichte der Zusammenstellung 3 können bei den Überbauten mit Konsolen ohne weiteres eingesetzt werden.

2. Hauptträger.

Zwecks Bestimmung ihres Gewichtes sind die Hauptträger, wie bereits früher bemerkt, überschläglich statisch berechnet. Der Berechnung ist ein Dreigelenkbogen mit parabolischer Achse zugrunde gelegt, wobei die nachstehend angeführten Formeln benutzt sind:¹⁾

Für die Stützweite l und die Pfeilhöhe f (Abb. 4) ist

- a) der Bogenschub infolge der ständigen Belastung g

$$Hg = \frac{gl^2}{8f},$$

während das Moment Mg überall = 0 ist;

- b) der Bogenschub infolge der einseitigen Verkehrslast p ist

$$H_p = \frac{pl^2}{16f}$$

und das größte Moment in den Viertelpunkten m und m_1 beträgt

$$M_{mp} = M_{m_1p} = \pm \frac{pl^2}{64};$$

- c) für die Einzellast P im Viertelpunkt m ist

$$H_p = \frac{Pl}{8f}$$

$$M_m = + \frac{3}{32} Pl$$

$$M_{m_1} = - \frac{1}{32} Pl.$$

Statt der Normalkraft im Viertelpunkt ist genügend genau der Bogenschub H eingeführt. Für kleinere Spannweiten, bis etwa 30 m, ist vergleichsweise mit einer Dampfwalze von 23 t Gewicht gerechnet, während bei größeren Spannweiten eine gleichmäßige Belastung von 500 kg/qm angenommen ist.

Die Dampfwalze ist im Viertelpunkt des Bogens aufgestellt, die gleichmäßige Belastung ist über die eine Bogenhälfte verteilt.

Für sämtliche Untersuchungen ist einheitlich das Pfeilverhältnis 1:6 zugrunde gelegt, da sich dieses den verschiedenen ausgeführten Bogenbrücken in Eisen und Eisenbeton (Tafel II und IV des Anhangs) gut anpaßt.

Betrachtungen über den Einfluß der verschiedenen Pfeilverhältnisse haben ergeben, daß diese auf den Kostenvergleich von geringem Einfluß

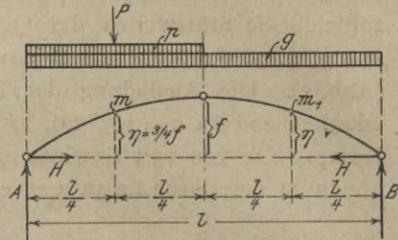


Abb. 4.

¹⁾ Vergl. auch die Formelzusammenstellung des Verf. im Beton-Kalender 1918, S. 236.

Zusammenstellung 2.

Eisengewichte der Fahrbahn der Bogenbrücken (kg/qm).

Feldweite Abstand der Hauptträger	$\lambda = 3$				$\lambda = 4$				$\lambda = 5$				$\lambda = 6$			
	$a =$				$a =$				$a =$				$a =$			
	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
Belageisen N. P. II	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Längsträger	51	51	51	51	63	63	63	63	78	78	78	78	96	96	96	96
Querträger	35	43	51	60	29	36	41	52	25	32	37	45	20	26	30	40
Summe	150	158	166	175	156	163	168	179	167	174	179	187	180	186	190	200
Zuschlag für Anschlüsse, Aus- stufungen, Niete 15 vH.23	.24	.25	.26	.24	.25	.25	.27	.25	.26	.27	.28	.27	.28	.29	.30
Eisengewicht der Fahrbahn	173	182	191	201	180	188	193	206	192	200	206	215	207	214	219	230

Zusammenstellung 3.

Eisengewichte der Fußwege der Bogenbrücken (kg/qm).

Feldweite Ausladung der Konsolen	$\lambda = 3$				$\lambda = 4$				$\lambda = 5$				$\lambda = 6$			
	$e =$				$e =$				$e =$				$e =$			
	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Belageisen N. P. 5	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Längsträger	17	17	17	17	23	23	23	23	30	30	30	30	36	36	36	36
Konsol	12	16	22	28	12	15	20	26	11	14	19	23	10	13	17	20
Summe	50	54	60	66	56	59	64	70	62	65	70	74	67	70	74	77
Zuschlag für Anschlüsse, Knoten- bleche, Niete 30 vH.	15	16	18	20	17	18	19	21	19	20	21	22	20	21	22	23
Eisengewicht der Fußwege	65	70	78	86	73	77	83	91	81	85	91	96	87	91	96	100

sind, jedenfalls aber für die allgemeinen Untersuchungen vernachlässigt werden können.

Für das gewählte Pfeilverhältnis gehen die allgemeinen Formeln über in:

a) Ständige Belastung g

$$f = \frac{l}{6}$$

$$H_g = \frac{gl^2}{8 \frac{l}{6}} = \frac{3}{4} gl$$

$$M_g = 0;$$

b) einseitige gleichmäßige Verkehrslast p

$$H_p = \frac{pl^2}{16 \frac{l}{6}} = \frac{3}{8} pl$$

$$M_{mp} = M_{m,p} = \pm \frac{pl^2}{64};$$

c) Einzellast P im Viertelpunkt m

$$H_P = \frac{Pl}{8 \frac{l}{6}} = \frac{3}{4} P$$

$$M_{mP} = + \frac{3}{32} Pl$$

$$M_{m'lP} = - \frac{1}{32} Pl.$$

Als Beanspruchung des Flußeisens infolge Eigen- und Verkehrslast ist 1000 kg/qcm zugelassen. Für die Querschnittbestimmung ist zunächst ein Blechbogen mit einer Höhe gleich $\frac{1}{60}$ der Stützweite angenommen, dessen Gewicht mit den üblichen Zuschlägen für Aussteifungen, Niete usw. ermittelt ist. Bei der Querschnittbestimmung kommen Brücken ohne und mit Gehwegauskragungen in Frage. Die Hauptträgerabstände $a = 4, 6, 8, 10$ m sind, wie bereits erwähnt, mit Auskragungen von $c = 1,5, 2,0, 2,5, 3,0$ m zusammengestellt; diese Maßverhältnisse

$$\frac{4}{1,5} \quad \frac{6}{2,0} \quad \frac{8}{2,5} \quad \frac{10}{3,0}$$

entsprechen ungefähr einer größeren Zahl von Ausführungen, wo sie sich als zweckmäßig erwiesen haben. Hierbei sind auch die verschiedenen Feldweiten bzw. Querträgerabstände von $\lambda = 3, 4, 5, 6$ m zu berücksichtigen gewesen.

Die ermittelten Hauptträgergewichte sind den Stützweiten entsprechend zusammengestellt und durch gerade Linien zeichnerisch ausgeglichen worden. Da es sich um überschlägliche Gewichtsermittlungen handelt, ist diese Darstellung, schon mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der Straßenbrücken, ohne weiteres zulässig.¹⁾

Vergleiche mit den in Tafeln I und II des Anhanges enthaltenen Hauptträgergewichten ergeben in der Tat meist eine befriedigende Übereinstimmung, so daß die in Abb. 5 bis 8 zeichnerisch dargestellten Hauptträgergewichte zu überschläglichen Gewichtsbestimmungen sehr wohl benutzt werden können.

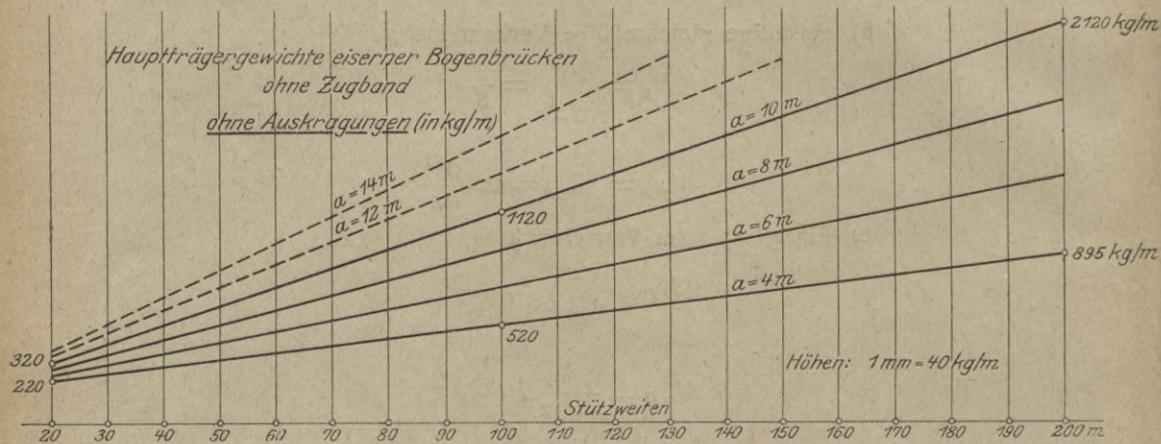


Abb. 5.

Zu den für den vollwandigen Dreigelenkbogen mit parabolischer Mittellinie berechneten Gewichten sind folgende Zuschläge gemacht:

- Zuschlag für Aussteifungen 13 vH.
- Da ein Dreigelenkbogen gerechnet ist und dieser sich etwa 15 vH. leichter als der Zweigelenkbogen ergibt,²⁾ ein Zuschlag von 15 „
- Zuschlag für die Verteilung des ganzen Bogengewichtes auf die Stützweite (Projektion des Bogens), 7 „
zu übertragen 35 vH.

¹⁾ Dr.-Ing. Trauer (Beitrag zur Berechnung der Bogenbrücken. Der Eisenbau 1910, S. 255 u. 295) stellt die Hauptträgergewichte in Form von leicht nach oben gekrümmten Linien dar. An dieser Stelle sei auch bemerkt, daß die in Handbüchern angeführten Gewichtsformeln keine brauchbaren Ergebnisse geliefert haben und daher zur Ermittlung der Hauptträgergewichte nicht verwendet werden konnten.

²⁾ Vergl. Handb. d. Ing.-W., II. Teil, III. Bd. (4. Aufl.), S. 16.

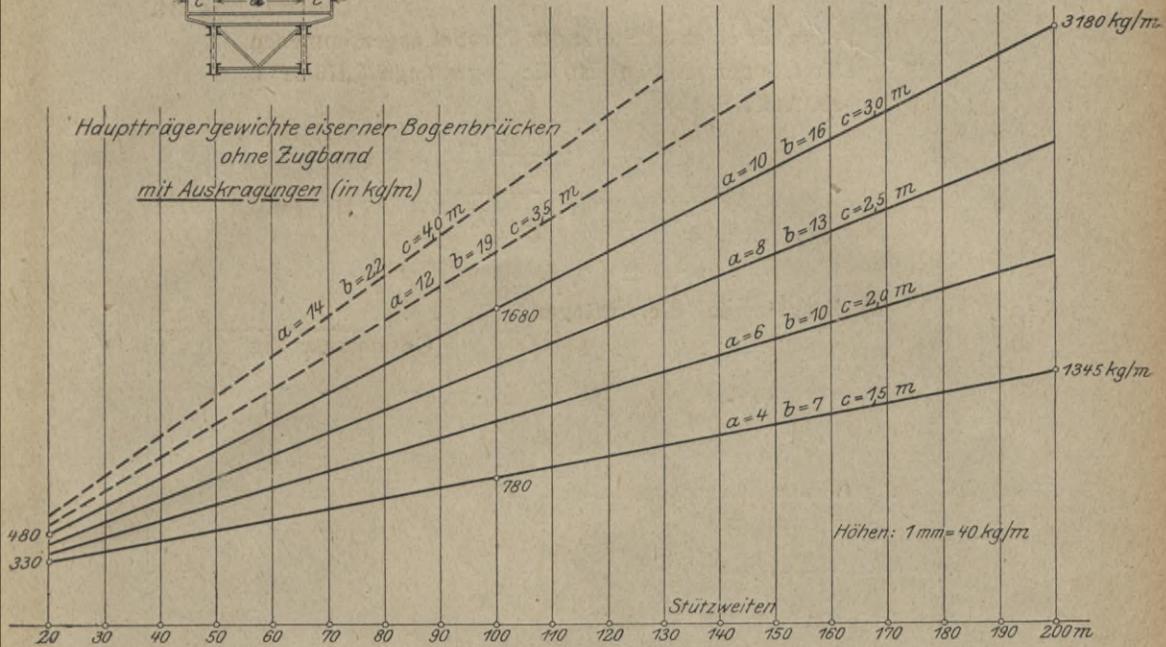
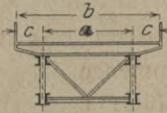


Abb. 6.

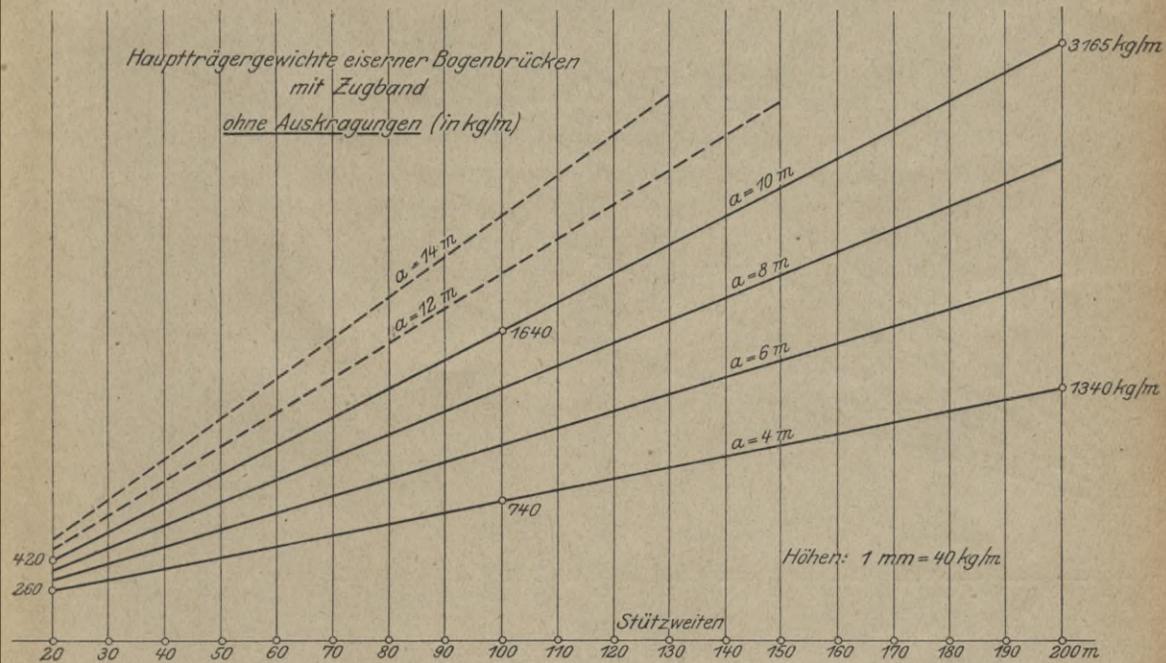


Abb. 7.

Übertrag 35 vH.

denn für einen an Stelle der Parabel angenommenen Kreisbogen (Abb. 9) ist die Bogenlänge („Hütte“ I. 22. Aufl., S. 36)

$$b = \sqrt{l^2 + \frac{16}{3} f^2}$$

$$= l \sqrt{1 + \frac{16}{3} \cdot \frac{l}{36}}$$

$$= 1,07 l.$$

d) Zuschlag für die Auflager 5 „
Gesamtzuschlag 40 vH.

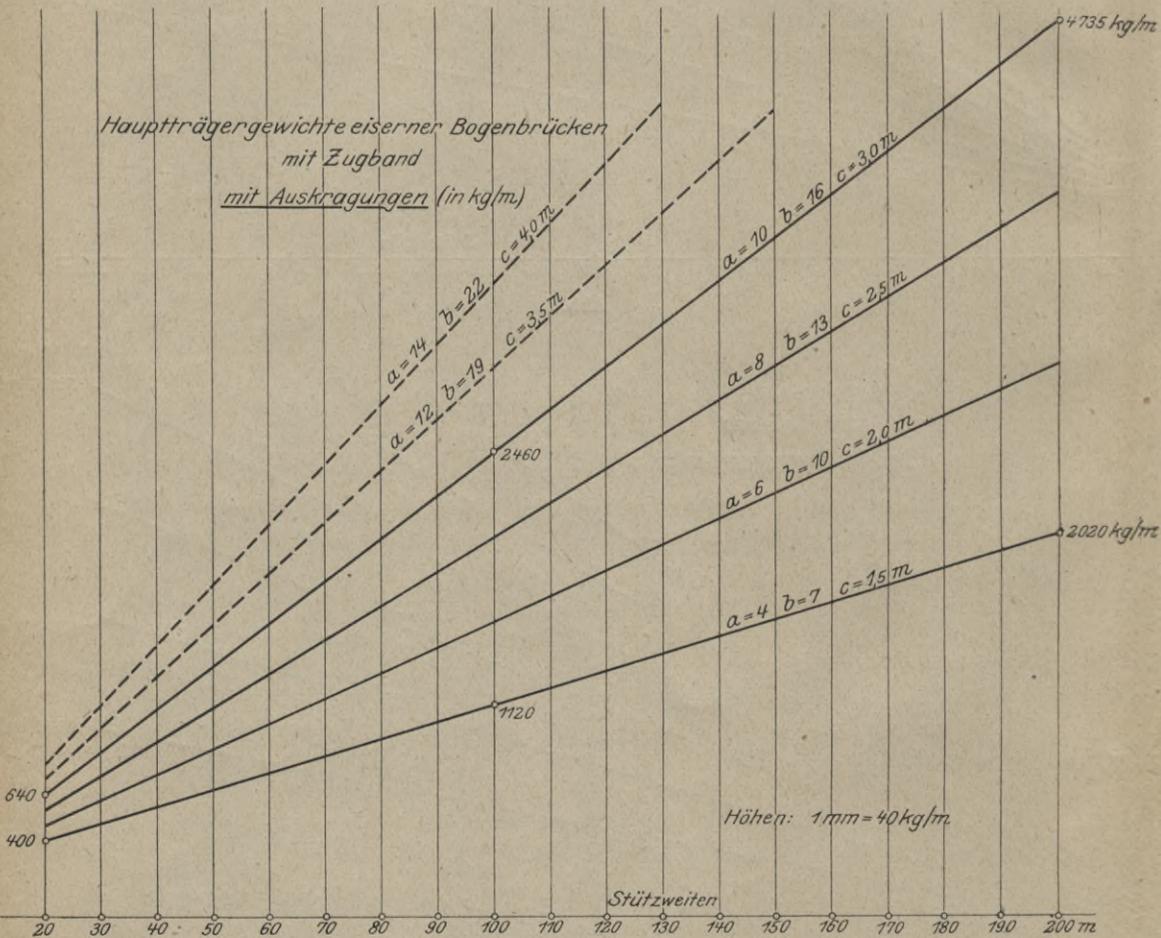


Abb. 8.

Dagegen muß beachtet werden, daß der ermittelte Querschnitt (im Viertelpunkt) der Größtquerschnitt des Bogens ist und daß der Bogen durch Abstufung der Gurtplatten um etwa 20 vH. leichter wird. Ferner ist die der bequemen Dimensionierung wegen zugrunde gelegte Trägerhöhe von $\frac{1}{60}$ im Viertelpunkt zu gering.

Bei Vergrößerung der Höhe bis etwa $\frac{1}{40}$ und Auflösung in Fachwerk wird der Bogen, wie festgestellt, gleichfalls um 10 bis 15 vH. leichter, so daß von dem vorher ermittelten Gesamtzuschlag etwa 30 vH. abzurechnen ist, somit ein endgültiger Zuschlag von 10 vH. verbleibt. Zu dem Gewicht des eigentlichen Bogens ist noch das Gewicht der Stütz- bzw. Hängepfosten und erforderlichenfalls das des Zugbandes hinzugefügt. Das Gewicht der Pfosten ist überschläglich ermittelt, das des Zugbandes aus dem Bogenschub bestimmt.

Über das Verhältnis der Hauptträgergewichte bei Brücken ohne und mit Auskragungen kann auf Grund von Untersuchungen für verschiedene Stützweiten und die früher angegebenen Hauptträgerabstände und Größen der Auskragung gesagt werden, daß das Hauptträgergewicht der Brücken mit Auskragungen im Mittel etwa 40 vH. höher ist als das der Brücken ohne Auskragungen.

3. Querverbindungen.

Die Querverbindungen umfassen die Windverbände, Querkreuze und Querrahmen; sie haben den Zweck, die Hauptträger in seitlicher Richtung standfest zu machen (Windverband in der Ebene der Bogengurtungen) bzw. die auf die Fahrbahn und Fahrzeuge wirkenden Windkräfte nach den Widerlagern zu leiten (Windverband in der Fahrbahnebene). Die Windverstrebung in der Ebene der Bogengurtungen kann durch steife Verbindung der Hauptträgerpfosten mit den Querträgern der Fahrbahn (Halbrahmen) ersetzt werden, erfordert aber in der Regel größeren Eisenaufwand als ein Windverband, durch welchen die seitlichen Kräfte unmittelbar nach den Endauflagern geleitet werden. Das Gewicht der Querverbindungen ist deshalb im Zusammenhang mit dem der Hauptträger und umgekehrt das Gewicht der Hauptträger im Zusammenhang mit dem der Querverbindungen zu beurteilen. Beim Vergleich der Wirtschaftlichkeit zweier Tragwerke, deren Querversteifungen verschiedene Ausbildungen zeigen, sind somit die Summen des Gewichtes der Hauptträger und Querverbindungen zu betrachten. In den Tafeln I und II (Anhang) sind deshalb neben den Einzelgewichten der Hauptträger und Querverbindungen auch die Summen beider angeführt. Wie die genannten Tafeln über Wettbewerbsentwürfe und ausgeführte Brücken

zeigen, ist das Gewicht der Querverbindungen, wenn nicht außergewöhnliche Fälle vorliegen, innerhalb gewisser Grenzen ziemlich unveränderlich und kann leicht geschätzt werden.

Für die Gewichtszusammenstellungen der nachfolgenden Tabellen ist es zu 30 bis 45 kg/qm Grundfläche angenommen und entsprechend abgestuft. Bei den Brücken ohne Auskragungen ist dieses Gewicht unmittelbar einzusetzen, bei den Brücken mit Auskragungen verteilt es sich auf die ganze Brückenbreite und ergibt dann nur 19 bis 28 kg/qm Brücken-
grundfläche.

4. Auflager.

Das Gewicht der Auflager beträgt, wie sich leicht aus den Gewichtsangaben ausgeführter Brücken (Tafel II) feststellen läßt, etwa 5 bis 6 vH. des Hauptträgergewichts; es ergibt sich zu etwa 6 bis 12 kg/qm Grundfläche. In den nachfolgenden Zahlentafeln ist es in entsprechenden Abstufungen je nach der Stützweite eingeführt.

Tafeln I und II des Anhanges geben Vergleichszahlen, wobei jedoch zu beachten ist, daß in den höheren Gewichtsangaben für die Auflager meist das Gewicht für Unterkonstruktionen der Auflager und insbesondere für die Ausdehnungsvorrichtungen an den Brückenenden mit enthalten ist. In den nachstehenden Gewichtszusammenstellungen sind die Gewichte der nicht zur eigentlichen Brückenkonstruktion gehörenden Ausdehnungsvorrichtungen nicht berücksichtigt, umso mehr, als auch bei größeren Eisenbetonbrücken Dehnungsfugen angeordnet werden müssen, um, wie bei eisernen Brücken, der Fahrbahn die Möglichkeit zu geben, sich in der Längsrichtung bewegen zu können. Auch hier werden die Ausdehnungsvorrichtungen, wie bei eisernen Brücken, häufig aus Stahlguß hergestellt. Das Gewicht der gleichfalls aus Stahlguß gedachten Auflager ist unmittelbar zu dem Flußeisengewicht zugeschlagen, da bei dem geringen Anteil des Stahls der Einheitspreis des Flußeisens nicht wesentlich beeinflußt wird.

5. Gesamtes Eisengewicht.

In den folgenden Zusammenstellungen 4 bis 7 sind die Gesamtgewichte der eisernen Überbauten bis 100m Lichtweite und den verschiedenen Breitenabmessungen auf Grund der vorangegangenen Angaben ermittelt.

Diese Gewichte können für Zweigelenkbogenbrücken ohne und mit Zugband bei zweckmäßiger Ausbildung und den üblichen Straßenbelastungen allgemein als brauchbare Werte angesehen und insbesondere bei Kostenüberschlägen benutzt werden. In der letzten Spalte der Zusammenstellungen ist das mittlere Eisengewicht für Hauptträgerabstände von 4 bis 10 m angegeben.

Zusammenstellung 4.
Eisengewichte der Bogenbrücken ohne Zugband
und ohne Konsolen.

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Haupt- träger- ab- stand a m	Gewicht der				Auf- lager kg/qm	Gesamtes Eisen- gewicht kg/qm	Mittel kg/qm
			Fahr- bahn kg/qm	Hauptträger		Quer- verbin- dungen kg/qm			
				für 1 m Stütz- weite kg/m	für 1 qm Grund- fläche kg/qm				
20	3	4	173	220	110	30	6	319	305
		6	182	254	85	30	6	303	
		8	191	288	72	30	6	299	
		10	201	320	64	30	6	301	
30	3	4	173	258	129	30	6	338	325
		6	182	312	104	30	6	322	
		8	191	366	92	30	6	319	
		10	201	420	84	30	6	321	
40	4	4	180	296	148	35	6	369	355
		6	188	371	124	35	6	353	
		8	193	446	112	35	6	346	
		10	206	520	104	35	6	351	
50	4	4	180	334	167	35	9	391	380
		6	188	430	143	35	9	375	
		8	193	526	132	35	9	369	
		10	206	620	124	35	9	374	
60	5	4	192	372	186	40	9	427	415
		6	200	488	163	40	9	412	
		8	206	604	151	40	9	406	
		10	215	720	144	40	9	408	
70	5	4	192	410	205	40	9	448	435
		6	200	547	182	40	9	431	
		8	206	684	171	40	9	426	
		10	215	820	164	40	9	428	
80	6	4	207	448	224	45	12	488	475
		6	214	606	202	45	12	473	
		8	219	764	191	45	12	467	
		10	230	920	184	45	12	471	
90	6	4	207	486	243	45	12	507	495
		6	214	664	221	45	12	492	
		8	219	892	211	45	12	487	
		10	230	1020	204	45	12	491	
100	6	4	207	524	262	45	12	526	515
		6	214	723	241	45	12	512	
		8	219	922	231	45	12	507	
		10	230	1120	224	45	12	511	

Zusammenstellung 5.

Eisengewichte der Bogenbrücken ohne Zugband und mit Konsolen.

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Haupt- träger- ab- stand a m	Aus- ladung der Kon- solen c m	Brücken- breite b m	Gewichte der							Auf- lager kg/qm	Ge- samtes Eisen- ge- wicht kg/qm	Mittel kg/qm
					Fahrbahn		Fuß- wege kg/qm	Hauptträger		Quer- ver- bin- dun- gen kg/qm				
					$g_1^*)$ kg/qm	$g_2^{**})$ kg/qm		für 1 m Stütz- weite kg/m	für 1 qm Grund- fläche kg/qm					
20	3	4	1,5	7	173	127	65	330	94	19	6	246	240	
		6	2,0	10	182	137	70	381	76	19	6	238		
		8	2,5	13	191	148	78	432	67	19	6	240		
		10	3,0	16	201	158	86	480	60	19	6	243		
30	3	4	1,5	7	173	127	65	387	111	19	6	263	260	
		6	2,0	10	182	137	70	468	94	19	6	256		
		8	2,5	13	191	148	78	549	85	19	6	258		
		10	3,0	16	201	158	86	630	79	19	6	262		
40	4	4	1,5	7	180	133	73	444	127	22	6	288	285	
		6	2,0	10	188	144	77	557	112	22	6	284		
		8	2,5	13	193	151	83	669	103	22	6	282		
		10	3,0	16	206	163	91	780	98	22	6	289		
50	4	4	1,5	7	180	133	73	501	143	22	9	307	305	
		6	2,0	10	188	144	77	645	129	22	9	304		
		8	2,5	13	193	151	83	789	121	22	9	303		
		10	3,0	16	206	163	91	930	116	22	9	310		
60	5	4	1,5	7	192	144	81	558	159	25	9	337	340	
		6	2,0	10	200	154	85	732	146	25	9	334		
		8	2,5	13	206	165	91	906	140	25	9	339		
		10	3,0	16	215	170	96	1080	135	25	9	339		
70	5	4	1,5	7	192	144	81	615	176	25	9	354	355	
		6	2,0	10	200	154	85	821	164	25	9	352		
		8	2,5	13	206	165	91	1026	158	25	9	357		
		10	3,0	16	215	170	96	1230	154	25	9	358		
80	6	4	1,5	7	207	156	87	672	192	28	12	388	390	
		6	2,0	10	214	165	91	909	182	28	12	387		
		8	2,5	13	219	172	96	1146	176	28	12	388		
		10	3,0	16	230	181	100	1380	173	28	12	394		
90	6	4	1,5	7	207	156	87	729	208	28	12	404	410	
		6	2,0	10	214	165	91	996	199	28	12	404		
		8	2,5	13	219	172	96	1263	194	28	12	406		
		10	3,0	16	230	181	100	1530	191	28	12	412		
100	6	4	1,5	7	207	156	87	786	225	28	12	421	425	
		6	2,0	10	214	165	91	1085	217	28	12	422		
		8	2,5	13	219	172	96	1383	213	28	12	425		
		10	3,0	16	230	181	100	1680	210	28	12	431		

*) g_1 = Fahrbahngewicht nach Zusammenstellung 2.**) g_2 = Fahrbahngewicht, verteilt auf die Brückenbreite $b = a + 2c$.

Zusammenstellung 6.
Eisengewichte der Bogenbrücken mit Zugband
und ohne Konsolen.

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Haupt- träger- ab- stand a m	Gewicht der					Gesamtes Eisen- gewicht kg/qm	Mittel kg/qm
			Fahr- bahn kg/qm	Hauptträger		Quer- verbin- dungen kg/qm	Auf- lager kg/qm		
				für 1 m Stütz- weite kg/m	für 1 qm Grund- fläche kg/qm				
20	3	4	173	260	130	30	6	339	325
		6	182	313	104	30	6	322	
		8	191	366	92	30	6	319	
		10	201	420	84	30	6	321	
30	3	4	173	320	160	30	6	369	355
		6	182	404	135	30	6	353	
		8	191	488	122	30	6	349	
		10	201	573	115	30	6	352	
40	4	4	180	380	190	35	6	411	395
		6	188	495	165	35	6	394	
		8	193	610	153	35	6	387	
		10	206	725	145	35	6	392	
50	4	4	180	440	220	35	9	444	430
		6	188	586	195	35	9	427	
		8	193	732	183	35	9	420	
		10	206	878	176	35	9	426	
60	5	4	192	500	250	40	9	491	475
		6	200	677	226	40	9	475	
		8	206	854	214	40	9	469	
		10	215	1030	206	40	9	470	
70	5	4	192	560	280	40	9	521	505
		6	200	768	256	40	9	505	
		8	206	976	244	40	9	499	
		10	215	1183	237	40	9	501	
80	6	4	207	620	310	45	12	574	560
		6	214	858	286	45	12	557	
		8	219	1096	274	45	12	550	
		10	230	1335	267	45	12	554	
90	6	4	207	680	340	45	12	578	585
		6	214	949	316	45	12	587	
		8	219	1218	305	45	12	581	
		10	230	1488	298	45	12	585	
100	6	4	207	740	370	45	12	634	620
		6	214	1040	347	45	12	618	
		8	219	1340	335	45	12	611	
		10	230	1640	328	45	12	615	

Zusammenstellung 7.

Eisengewichte der Bogenbrücken mit Zugband und mit Konsolen.

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Haupt- träger- ab- stand a m	Aus- ladung der Kon- solen c m	Brücken- breite b m	Gewicht der							Auf- lager kg/qm	Ge- samtes Eisen- ge- wicht kg/qm	Mittel kg/qm
					Fahrbahn		Fuß- wege kg/qu	Hauptträger		Quer- ver- bin- dun- gen kg/qm				
					g_1 kg/qm	g_2 kg/qm		für 1 m Stütz- weite kg/m	für 1 qm Grund- fläche kg/qm					
20	3	4	1,5	7	173	127	65	400	114	19	6	266	260	
		6	2,0	10	182	137	70	480	96	19	6	258		
		8	2,5	13	191	148	78	560	86	19	6	259		
		10	3,0	16	201	158	86	640	80	19	6	263		
30	3	4	1,5	7	173	127	65	490	140	19	6	292	290	
		6	2,0	10	182	137	70	616	123	19	6	285		
		8	2,5	13	191	148	78	742	114	19	6	287		
		10	3,0	16	201	158	86	868	108	19	6	291		
40	4	4	1,5	7	180	133	73	580	166	22	6	327	325	
		6	2,0	10	188	144	77	752	150	22	6	322		
		8	2,5	13	193	151	83	924	142	22	6	321		
		10	3,0	16	206	163	91	1095	137	22	6	328		
50	4	4	1,5	7	180	133	73	670	191	22	9	355	355	
		6	2,0	10	188	144	77	888	177	22	9	352		
		8	2,5	13	193	151	83	1106	170	22	9	352		
		10	3,0	16	206	163	91	1323	166	22	9	360		
60	5	4	1,5	7	192	144	81	760	217	25	9	395	395	
		6	2,0	10	200	154	85	1023	205	25	9	393		
		8	2,5	13	206	165	91	1286	198	25	9	397		
		10	3,0	16	215	170	96	1550	194	25	9	398		
70	5	4	1,5	7	192	144	81	850	243	25	9	421	425	
		6	2,0	10	200	154	85	1159	232	25	9	420		
		8	2,5	13	206	165	91	1468	226	25	9	425		
		10	3,0	16	215	170	96	1778	223	25	9	427		
80	6	4	1,5	7	207	156	87	940	269	28	12	465	465	
		6	2,0	10	214	165	91	1295	259	28	12	464		
		8	2,5	13	219	172	96	1650	254	28	12	466		
		10	3,0	16	230	181	100	2005	251	28	12	472		
90	6	4	1,5	7	207	156	87	1030	295	28	12	491	495	
		6	2,0	10	214	165	91	1431	287	28	12	492		
		8	2,5	13	219	172	96	1832	282	28	12	494		
		10	3,0	16	230	181	100	2233	279	28	12	500		
100	6	4	1,5	7	207	156	87	1120	320	28	12	516	520	
		6	2,0	10	214	165	91	1567	314	28	12	519		
		8	2,5	13	219	172	96	2014	310	28	12	522		
		10	3,0	16	230	181	100	2460	308	28	12	529		

B. Massen der Überbauten aus Eisenbeton.

I. Allgemeines.

Während bei den eisernen Brücken das Gewicht des fertigen Überbaues unmittelbar zur Feststellung der Kosten dient, ist es bei den Eisenbetonbrücken üblich, die Kosten aus den Rohstoffen und den zum Einbau derselben erforderlichen Hilfsmitteln zu bestimmen. Zu den Rohstoffen gehören vor allem der Beton bezw. der Zement und die Zuschläge und die Eisenbewehrungen, zu den Hilfsmitteln die Schalung und Rüstung. Schalung und Rüstung spielen im Eisenbetonbau eine wichtige Rolle, da sie dem Beton die Form verleihen; sie kennzeichnen daher gewissermaßen den Eisenbetonbau gegenüber dem Eisenbau. Während die Eisenbetonbauten in der Schalung unmittelbar auf der Baustelle entstehen, werden die Eisenbauten in der Werkstatt angefertigt und in einzelnen Teilen nach dem Bauplatz gebracht, um dort aufgestellt zu werden.

Zur Bestimmung der Massen der Überbauten aus Eisenbeton sind ihre Hauptabmessungen erforderlich. Diese sind, wie bei den eisernen Brücken, durch überschlägliche statische Untersuchungen bestimmt, wobei natürlich die gleichen Belastungen zugrunde zu legen waren. Als zulässige Beanspruchung für Beton und Rundeiseneinlagen ist nach den ministeriellen Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton vom 13. Januar 1916¹⁾ 35 kg/qcm und 900 kg/qcm bezw. 40 kg/qcm und 1000 kg/qcm angenommen.

Auch bei den Überbauten aus Eisenbeton ist für die Fahrbahndecke 13 cm hohes Holzpflaster auf einer 8 cm starken Betonschicht vorausgesetzt; die Betonschicht ist unmittelbar über die wasserdichte Abdeckung des Tragbetons der Fahrbahntafel gelegt, so daß die letztere in gleicher Weise wie bei eisernen Brücken ausgebildet ist; an die Stelle der Belageisen tritt die Eisenbetonplatte, die zusammen mit den Längsrippen der Fahrbahn Plattenbalken darstellt. Eine Ausnahme sind die Gewölbe mit Überschüttung, bei denen kein Fahrbahnunterbau aus Eisenbeton erforderlich wird; das Gewicht der Fahrbahnbefestigung braucht bei ihnen jedoch nicht besonders berücksichtigt zu werden, da es im Vergleich zu den großen Überschüttungsgewichten nicht nennenswert ist. Auch bezüglich der Verkehrslasten sind, wie bereits angedeutet, dieselben Annahmen wie bei den eisernen Brücken gemacht.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf die Hauptarten der Eisenbetonbrücken, soweit sie sich unter den gleichen Bedingungen wie eine entsprechende eiserne Brücke ausführen lassen.

¹⁾ Berlin 1916, Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.

Aus den Normalformen lassen sich auf die Kosten besonderer Abarten der Eisenbetonbrücken leicht Schlüsse ziehen.

II. Balkenbrücken.

Zu den Balkenbrücken aus Eisenbeton gehören in erster Linie die Plattenbalkenbrücken, die zum Vergleich mit den eisernen Brücken herangezogen sind.

Die Brücken mit einzelnen Balkenträgern, die gleich den eisernen Brücken die Fahrbahn mittels Querträgern aufnehmen, wie z. B. die Bauwerke mit untenliegender Fahrbahn, sind von den Betrachtungen ausgeschlossen; sie werden sich in der Regel teurer als Plattenbalkenbrücken stellen, und zwar umso teurer, je breiter die Brücke ist.

Die Plattenbalkenbrücken sind, wie schon bemerkt, bis 20 m Lichtweite untersucht; diese ist zugleich, abgesehen von den Gewölben mit Überschüttung, als untere Grenze für die Lichtweite der Bogenbrücken angenommen.

Wie jedoch Tafel III (Nr. 16) des Anhangs zeigt, sind ausnahmsweise Plattenbalkenbrücken bereits bis 23,50 m Lichtweite bzw. 24,50 m Stützweite ausgeführt und haben sich billiger als eiserne Brücken gestellt.

Die für die Berechnung der Plattenbalken anzunehmenden großen Einzellasten (Dampfwalze, Kesselwagen u. dergl.) ergeben sehr große Momente, zu denen für die Querschnittbemessung noch die gleichfalls bedeutenden Eigengewichtsmomente hinzutreten. Es ist natürlich wichtig, die Momente infolge Verkehrslast möglichst zu verringern, da damit auch die Abmessungen, also das Eigengewicht und somit auch die Eigengewichtsmomente, verkleinert werden. Dies geschieht zweckmäßig durch Anordnung von Querrippen oder Querträgern; die letzteren haben eine lastverteilende Wirkung, indem außer den unmittelbar durch schwere Einzellasten (Dampfwalze usw.) beanspruchten Balken noch die benachbarten Plattenbalken zum Mittragen herangezogen werden können.

Aus Untersuchungen über die Wirkung der lastverteilenden Querträger¹⁾ sollen folgende Hauptergebnisse erwähnt werden:

- a) Die Anzahl der Querträger kann klein sein; sie sind jedoch kräftig auszubilden.
- b) In der Mitte der Stützweite und an den Auflagern sind solche Querträger besonders wichtig.
- c) Das Moment infolge der Verkehrslasten erniedrigt sich bei Anordnung von Querträgern durch die Mitwirkung der dem Hauptbalken benachbarten Balken im günstigsten Falle bis

¹⁾ Doktor-Abhandlung von Dr.-Ing. Walter Schulz, vorgelegt a. d. Techn. Hochschule in Dresden.

Zusammenstellung 8.

Massen der Plattenbalkenbrücken bis 20 m Lichtweite für 1 qm Grundfläche.

Licht- weite l_0	Stütz- weite l	Platten- balken- höhe h	Höhen- ver- hältnis $\nu = \frac{h}{l}$	Platten- stärke d	Rippen- abstand a	Rippen- breite β	Rippen- höhe $h-d$	Beton			Schalung			Eiseneinlagen		
								Platte ebm	Rippe ebm	Platten- balken ebm	Platte qm	Rippe qm	Platten- balken qm	Platte kg	Rippe kg	Platten- balken kg
4	4,4	0,60	1:7,3	0,16	1,40	0,30	0,44	0,16	0,10	0,26	1,40	0,63	2,0	11	21	32
6	6,6	0,80	1:8,3	0,16	1,40	0,30	0,64	0,16	0,14	0,30	1,40	0,91	2,3	11	25	36
8	8,6	0,90	1:9,6	0,16	1,40	0,30	0,74	0,16	0,17	0,33	1,40	1,06	2,5	11	33	44
10	10,7	1,05	1:10,2	0,18	1,35	0,35	0,87	0,18	0,23	0,41	1,35	1,29	2,7	10	43	53
12	12,8	1,15	1:11,1	0,18	1,35	0,35	0,97	0,18	0,26	0,44	1,35	1,44	2,8	10	53	63
14	14,8	1,25	1:11,8	0,20	1,35	0,35	1,05	0,20	0,29	0,49	1,35	1,56	2,9	10	65	75
16	16,9	1,40	1:12,1	0,20	1,30	0,40	1,20	0,20	0,39	0,59	1,30	1,84	3,1	9	81	90
18	19,0	1,60	1:11,9	0,22	1,30	0,40	1,38	0,22	0,45	0,67	1,30	2,12	3,4	9	101	110
20	21,0	1,80	1:11,7	0,22	1,30	0,40	1,58	0,22	0,52	0,74	1,30	2,43	3,7	9	121	130

auf $\frac{1}{4}$ des Momentes, welches sich ergibt, wenn der betreffende meist belastete Balken unabhängig von den anderen gerechnet wird. Dieser Einfluß nimmt mit der Stützweite zu, ist also bei großen Stützweiten wesentlich.

- d) Bei großer Balkenzahl ist der Einfluß günstiger als bei kleinerer Balkenzahl.

Die Abmessungen der hier untersuchten Plattenbalken sind statisch ermittelt. Die Trägerhöhen sind zu $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{12}$ der Stützweite angenommen, und zwar bei den kleinen Stützweiten zu etwa $\frac{1}{7}$, bei den großen zu etwa $\frac{1}{12}$; zwischen diesen Grenzen nehmen sie entsprechend zu. Diese Trägerhöhen haben sich bei den Ausführungen in der Regel am zweckmäßigsten und wirtschaftlichsten ergeben.

Die errechneten Abmessungen und Massen sind in Zusammenstellung 8 angegeben.

Um Vergleichszahlen zu gewinnen, sind in Tafel III des Anhanges eine Reihe ausgeführter Plattenbalkenbrücken mit den wichtigsten Angaben zusammengestellt.

III. Bogenbrücken.

1. Gewölbe mit Überschüttung.

Die Gewölbe mit Überschüttung sind von 5 bis 60 m Lichtweite in entsprechenden Abstufungen berücksichtigt. Dies sind etwa die Grenzen, innerhalb welcher sie ausgeführt werden.

In Zusammenstellung 9 sind neben den Massen die statisch ermittelten Gewölbbestärken, aus denen die ersteren bestimmt sind, angegeben. Da der später durchgeführte Kostenvergleich immer den Rohbau der Brücke bis Oberkante Fahrbahntafel bzw. Unterkante Fahrbahnbefestigung umfaßt, so mußte bei der Massenermittlung auch die Erdüberschüttung berücksichtigt werden.

Für das Gewölbe selbst ist bei Berechnung der Massen, die auf 1 qm Grundfläche bezogen sind, das Verhältnis der Bogenlänge zur Spannweite, d. i. 1,07 : 1 (vergl. S. 16), in Betracht gezogen. In den Massen für das Gewölbe sind ferner die beiden Stirnmauern mit eingerechnet.

Die Erdüberschüttung ergibt sich für 1 qm Grundfläche angenähert wie folgt. Für ein parabolisch geformtes Gewölbe mit $f = \frac{l}{6}$ (Abb. 9) ist der Inhalt der beiden Zwickel

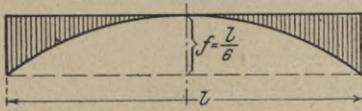


Abb. 9.

$$F = \frac{1}{3} f \cdot l = \frac{1}{3} \cdot \frac{l}{6} \cdot l = \frac{l^2}{18};$$

für 1 qm Grundfläche ist somit

$$F_l = \frac{l^2}{18l} = \frac{l}{18}.$$

Durch die Stirnmauern geht von der Gewölbebreite, die zu 8 m angenommen ist, beiderseitig im Mittel etwa je 0,5 m ab, so daß F_1 im Verhältnis von etwa $\frac{7}{8}$ zu verkleinert ist. Die Erdmasse wird somit, wenn die Lichtweite l_0 eingeführt wird, für 1 qm Grundfläche

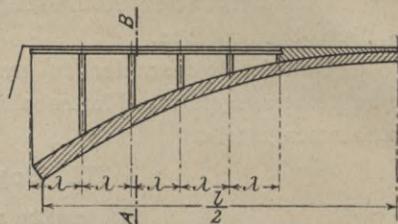
$$V = \frac{l_0}{18} \cdot \frac{7}{8} = \text{rd.} \frac{l_0}{20}.$$

2. Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln.

a) Massen der Fahrbahn.

Die Fahrbahn ist hier, wie auch bei den folgenden Arten der Bogenbrücken, einheitlich als parallel zur Brückenachse laufender Plattenbalken mit 1,80 m Rippenabstand gedacht (Abb. 10). Unter den Rippen

stehen in den Feldweiten λ die Stützenreihen. Die Feldweiten bzw. die Längenabstände der Stützen sind je nach der Brückenspannweite zu $\lambda = 3, 4, 5, 6$ m angenommen. Andere Rippenabteilungen werden, wie sich leicht übersehen läßt, von den nachstehend ermittelten kaum nennenswert verschiedene Massen liefern. In Zusammenstellung 10 sind neben den Massen auch die Abmessungen der einzelnen Fahrbahnteile angegeben.



Schnitt A-B
(doppelter Maßstab).

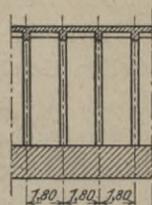


Abb. 10.

b) Massen des gesamten Überbaues.

Diese sind in Zusammenstellung 11 unter Benutzung der in Zusammenstellung 10 ermittelten Massen der Fahrbahn bestimmt. Hierbei ist, wie vorher bei den Gewölben mit Überschüttung, darauf Rücksicht genommen, daß die Länge des Bogens 1,07 mal so groß wie seine Spannweite ist. Da die Gesamtmassen für 1 qm Brückengrundfläche angegeben sind, waren die Massen der Fahrbahn, die in der Nähe des Bogenscheitels fortfällt, nur 0,8fach einzuführen. Denn für das Pfeilverhältnis 1:6 ergibt sich (vergl. Abb. 11) genügend genau $\frac{2a}{l} = \text{rd.} 0,8$.

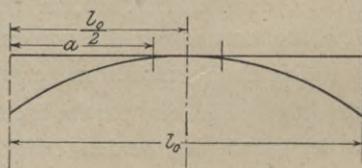


Abb. 11.

In Tafel IV des Anhangs sind die Abmessungen sowie die Massen der Einzelteile einiger ausgeführter Brücken der gleichen Art (Nr. 1, 2 u. 3) angegeben, so daß ein Vergleich möglich ist. Ein solcher läßt

Zusammenstellung 9.

**Massen der Gewölbe mit Überschüttung bis 60 m Lichtweite
für 1 qm Grundfläche.**

Licht- weite l_0 m	Gewölbestärke			Massen für 1 qm Grundfläche			
	Scheitel s_1 m	Kämpfer s_2 m	Mittel $\frac{s_1 + s_2}{2}$ m	Beton cbm	Schalung qm	Eisen- einlagen kg	Erd- schüttung $V = \frac{l}{20}$ cbm
	5	0,15	0,25	0,20	0,24	1,2	10
10	0,20	0,35	0,28	0,33	1,3	13	0,5
15	0,25	0,60	0,43	0,52	1,5	17	0,8
20	0,30	0,70	0,50	0,64	1,6	20	1,0
25	0,35	0,80	0,58	0,75	1,7	23	1,3
30	0,40	0,90	0,65	0,86	1,9	26	1,5
35	0,45	1,05	0,75	1,00	2,0	28	1,8
40	0,55	1,15	0,85	1,16	2,1	30	2,0
50	0,65	1,25	0,95	1,38	2,4	35	2,5
60	0,75	1,35	1,05	1,62	2,6	40	3,0

**Zusammen-
Massen der Fahrbahn der Gewölbe mit**

Stützweite = Feldweite λ m	Platten- balken- höhe h m	Platten- stärke d m	Längsrippen der Plattenbalken			Querrippen über den Stützen	
			Rippen- abstand a m	Rippen- breite β m	Rippen- höhe $h-d$ m	Rippen- breite β_1 m	Rippen- höhe $h-d$ m
3	0,50	0,20	1,80	0,25	0,30	0,20	0,30
4	0,60	0,20	1,80	0,25	0,40	0,20	0,40
5	0,70	0,20	1,80	0,30	0,50	0,25	0,50
6	0,80	0,20	1,80	0,30	0,60	0,25	0,60

**Zusammen-
Gesamtmassen der Gewölbe mit**

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Gewölbestärke			Fahrbahn		
		Scheitel s_1 m	Kämpfer s_2 m	Mittel $\frac{s_1+s_2}{2}$ m	Beton cbm	Schalung*) qm	Eisen- einlage*) kg
20	3	0,30	0,80	0,55	0,27	1,2	22
30	3	0,40	0,90	0,65	0,27	1,2	22
40	4	0,50	1,00	0,75	0,28	1,3	24
50	4	0,60	1,20	0,90	0,28	1,3	24
60	5	0,70	1,40	1,05	0,30	1,4	26
70	5	0,90	1,60	1,25	0,30	1,4	26
80	6	1,10	1,90	1,50	0,32	1,5	27
90	6	1,30	2,30	1,80	0,32	1,5	27
100	6	1,60	2,80	2,20	0,32	1,5	27

*) Werte der Zusammenstellung 10 mit 0,8 multipliziert.

**stellung 10.
aufgelösten Zwickeln für 1 qm Grundfläche.**

Beton				Schalung				Eiseneinlage			
Platte	Längs- rippe	Quer- rippe	Gesamte Fahr- bahn	Platte	Längs- rippe	Quer- rippe	Gesamte Fahr- bahn	Platte	Längs- rippe	Quer- rippe	Gesamte Fahr- bahn
cbm	cbm	cbm	obm	qm	qm	qm	qm	kg	kg	kg	kg
0,20	0,05	0,02	0,27	1,0	0,3	0,2	1,5	17	8	3	28
0,20	0,06	0,02	0,28	1,0	0,4	0,2	1,6	17	10	3	30
0,20	0,08	0,02	0,30	1,0	0,6	0,2	1,8	17	12	3	32
0,20	0,10	0,02	0,32	1,0	0,7	0,2	1,9	17	14	3	34

**stellung 11.
aufgelösten Zwickeln für 1 qm Grundfläche.**

Stützpfeiler und Quersteifen			Gewölbe			Gesamtmassen		
Beton	Schalung	Eisen- einlage	Beton	Schalung	Eisen- einlage	Beton	Schalung	Eisen- einlage
cbm	qm	kg	cbm	qm	kg	cbm	qm	kg
0,09	0,8	12	0,59	1,2	25	0,95	3,2	59
0,10	1,0	14	0,70	1,2	30	1,07	3,4	66
0,12	1,3	17	0,80	1,3	35	1,20	3,9	76
0,14	1,5	20	0,96	1,3	40	1,38	4,1	84
0,16	1,6	22	1,12	1,4	45	1,58	4,4	93
0,18	1,9	25	1,34	1,4	50	1,82	4,7	101
0,21	2,2	28	1,61	1,5	55	2,14	5,2	110
0,25	2,5	33	1,93	1,6	60	2,50	5,6	120
0,29	3,0	38	2,36	1,7	65	2,97	6,2	130

Zusammen-

Massen der Fahrbahn für Bogenbrücken mit einzelnen

Feld- weite λ m	Haupt- träger- abstand a m	Platten- balken- höhe h m	Platten- stärke d m	Längsrippen der Plattenbalken			Querträger	
				Rippen- abstand α m	Rippen- breite β m	Rippen- höhe $h-d$ m	Rippen- breite β_1 m	Rippen- höhe h_1-d m
3	4	0,50	0,20	1,80	0,25	0,30	0,25	0,50
	6	0,50	0,20	1,80	0,25	0,30	0,30	0,60
	8	0,50	0,20	1,80	0,25	0,30	0,35	0,70
	10	0,50	0,20	1,80	0,25	0,30	0,40	0,80
4	4	0,60	0,20	1,80	0,25	0,40	0,30	0,50
	6	0,60	0,20	1,80	0,25	0,40	0,35	0,60
	8	0,60	0,20	1,80	0,25	0,40	0,40	0,70
	10	0,60	0,20	1,80	0,25	0,40	0,45	0,80
5	4	0,70	0,20	1,80	0,30	0,50	0,35	0,50
	6	0,70	0,20	1,80	0,30	0,50	0,40	0,60
	8	0,70	0,20	1,80	0,30	0,50	0,45	0,75
	10	0,70	0,20	1,80	0,30	0,50	0,50	0,85
6	4	0,80	0,20	1,80	0,30	0,60	0,35	0,50
	6	0,80	0,20	1,80	0,30	0,60	0,40	0,60
	8	0,80	0,20	1,80	0,30	0,60	0,50	0,75
	10	0,80	0,20	1,80	0,30	0,60	0,55	0,90

stellung 12.

Hauptträgern ohne und mit Zugband für 1 qm Grundfläche.

Beton				Schalung				Eiseneinlagen			
Platte	Längs- rippe	Quer- rippe	Gesamte Fahr- bahn	Platte	Längs- rippe	Quer- rippe	Gesamte Fahr- bahn	Platte	Längs- rippe	Quer- rippe	Gesamte Fahr- bahn
ebm	ebm	ebm	ebm	qm	qm	qm	qm	kg	kg	kg	kg
0,20	0,05	0,04	0,29	1,0	0,3	0,3	1,6	12	8	15	35
0,20	0,05	0,06	0,31	1,0	0,3	0,4	1,7	12	8	21	41
0,20	0,05	0,08	0,33	1,0	0,3	0,5	1,8	12	8	27	47
0,20	0,05	0,11	0,36	1,0	0,3	0,5	1,8	12	8	40	60
0,20	0,06	0,04	0,30	1,0	0,4	0,3	1,7	12	9	15	36
0,20	0,06	0,05	0,31	1,0	0,4	0,3	1,7	12	9	21	42
0,20	0,06	0,07	0,33	1,0	0,4	0,4	1,8	12	9	30	51
0,20	0,06	0,09	0,35	1,0	0,4	0,4	1,8	12	9	45	66
0,20	0,08	0,04	0,32	1,0	0,6	0,2	1,8	12	11	15	38
0,20	0,08	0,05	0,33	1,0	0,6	0,2	1,8	12	11	21	44
0,20	0,08	0,08	0,36	1,0	0,6	0,3	1,9	12	11	33	56
0,20	0,08	0,09	0,37	1,0	0,6	0,3	1,9	12	11	50	73
0,20	0,10	0,03	0,33	1,0	0,7	0,2	1,9	12	13	15	40
0,20	0,10	0,04	0,34	1,0	0,7	0,2	1,9	12	13	21	46
0,20	0,10	0,06	0,36	1,0	0,7	0,3	2,0	12	13	36	61
0,20	0,10	0,08	0,38	1,0	0,7	0,3	2,0	12	13	58	83

Zusammen-

Gesamtmassen der Überbauten der Bogenbrücken mit einzelnen

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Haupt- träger- ab- stand a m	Bogenabmessungen				Fahrbahn			Pfosten und Querverbindungen		
			Breite β m	Schei- tel- stärke s_1 m	Kämp- fer- stärke s_2 m	Mitt- lere Stärke $\frac{s_1 + s_2}{2}$ m	Beton cbm	Scha- lung qm	Eisen- ein- lagen kg	Beton cbm	Scha- lung qm	Eisen- ein- lagen kg
20	3	4	0,50	0,60	0,90	0,75	0,29	1,6	35	0,03	0,3	10
		6	0,50	0,70	1,00	0,85	0,31	1,7	41	0,03	0,3	10
		8	0,50	0,80	1,20	1,00	0,33	1,8	47	0,03	0,3	10
		10	0,50	0,90	1,40	1,15	0,36	1,8	60	0,03	0,3	10
30	3	4	0,60	0,70	1,10	0,90	0,29	1,6	35	0,05	0,5	15
		6	0,60	0,80	1,20	1,00	0,31	1,7	41	0,05	0,5	15
		8	0,60	1,00	1,50	1,25	0,33	1,8	47	0,05	0,5	15
		10	0,60	1,20	1,80	1,50	0,36	1,8	60	0,05	0,5	15
40	4	4	0,70	0,80	1,20	1,00	0,30	1,7	36	0,07	0,7	20
		6	0,70	0,90	1,40	1,15	0,31	1,7	42	0,07	0,7	20
		8	0,70	1,10	1,70	1,40	0,33	1,8	51	0,07	0,7	20
		10	0,70	1,40	2,10	1,75	0,35	1,8	66	0,07	0,7	20
50	4	4	0,80	0,90	1,40	1,15	0,30	1,7	36	0,09	0,9	20
		6	0,80	1,10	1,70	1,40	0,31	1,7	42	0,09	0,9	20
		8	0,80	1,30	2,00	1,65	0,33	1,8	51	0,09	0,9	20
		10	0,80	1,60	2,40	2,00	0,35	1,8	66	0,09	0,9	20
60	5	4	0,90	1,00	1,50	1,25	0,32	1,8	38	0,11	1,1	25
		6	0,90	1,30	1,90	1,60	0,33	1,8	44	0,11	1,1	25
		8	1,00	1,50	2,30	1,90	0,36	1,9	56	0,11	1,1	25
		10	1,00	1,80	2,70	2,25	0,37	1,9	73	0,11	1,1	25
70	5	4	1,10	1,10	1,70	1,40	0,32	1,8	38	0,13	1,3	25
		6	1,10	1,40	2,10	1,75	0,33	1,8	44	0,13	1,3	25
		8	1,10	1,70	2,60	2,15	0,36	1,9	56	0,13	1,3	25
		10	1,10	2,00	3,00	2,50	0,37	1,9	73	0,13	1,3	25
80	6	4	1,20	1,20	1,90	1,55	0,33	1,9	40	0,15	1,5	30
		6	1,20	1,60	2,40	2,00	0,34	1,9	46	0,15	1,5	30
		8	1,30	1,90	2,80	2,35	0,36	2,0	61	0,15	1,5	30
		10	1,30	2,20	3,30	2,75	0,38	2,0	80	0,15	1,5	30
90	6	4	1,30	1,50	2,20	1,85	0,33	1,9	40	0,17	1,7	30
		6	1,30	1,80	2,70	2,25	0,34	1,9	46	0,17	1,7	30
		8	1,40	2,10	3,20	2,65	0,36	2,0	61	0,17	1,7	30
		10	1,40	2,50	3,70	3,10	0,38	2,0	83	0,17	1,7	30
100	6	4	1,40	1,80	2,70	2,25	0,33	1,9	40	0,19	1,9	30
		6	1,40	2,20	3,30	2,75	0,34	1,9	46	0,19	1,9	30
		8	1,50	2,60	3,90	3,25	0,36	2,0	61	0,19	1,9	30
		10	1,50	3,00	4,50	3,75	0,38	2,0	83	0,19	1,9	30

stellung 13.

Hauptträgern ohne und mit Zugband für 1 qm Grundfläche.

Bogen			Zugband			Gesamtmassen ohne Zugband			Gesamtmassen mit Zugband		
Beton	Scha- lung	Eisen- einlagen	Beton	Scha- lung	Eisen- einlagen	Beton	Scha- lung	Eisen- einlagen	Beton	Scha- lung	Eisen- einlagen
cbm	qm	kg	cbm	qm	kg	cbm	qm	kg	cbm	qm	kg
0,20	1,1	30	0,02	0,1	48	0,52	3,0	75	0,54	3,1	123
0,15	0,8	23	0,02	0,1	45	0,49	2,8	74	0,51	2,9	119
0,13	0,7	20	0,02	0,1	42	0,49	2,8	77	0,51	2,9	119
0,12	0,6	18	0,02	0,1	40	0,51	2,7	88	0,53	2,8	128
0,29	1,3	42	0,04	0,2	67	0,36	3,4	92	0,67	3,6	159
0,21	0,9	32	0,04	0,2	63	0,57	3,1	88	0,61	3,3	151
0,20	0,8	30	0,04	0,2	61	0,58	3,1	92	0,62	3,3	153
0,19	0,8	29	0,04	0,2	61	0,60	3,1	104	0,64	3,3	165
0,38	1,4	56	0,06	0,3	95	0,75	3,8	112	0,81	4,1	207
0,29	1,1	42	0,06	0,3	90	0,67	3,5	104	0,73	3,8	194
0,26	0,9	39	0,06	0,3	88	0,66	3,4	110	0,72	3,7	198
0,26	0,9	39	0,06	0,3	87	0,68	3,4	125	0,74	3,7	212
0,49	1,7	72	0,08	0,4	127	0,88	4,3	128	0,96	4,7	255
0,40	1,3	59	0,08	0,4	121	0,80	3,9	121	0,88	4,3	242
0,35	1,1	52	0,08	0,4	117	0,77	3,8	123	0,85	4,2	240
0,34	1,0	51	0,08	0,4	114	0,78	3,7	137	0,86	4,1	251
0,60	1,8	90	0,10	0,5	188	1,03	4,7	153	1,13	5,2	341
0,51	1,5	78	0,10	0,5	170	0,95	4,4	147	1,05	4,9	317
0,51	1,3	75	0,10	0,5	162	0,98	4,3	156	1,08	4,8	318
0,48	1,2	72	0,10	0,5	151	0,96	4,2	170	1,06	4,7	321
0,83	2,1	121	0,12	0,6	253	1,28	5,2	184	1,40	5,8	437
0,69	1,6	103	0,12	0,6	218	1,15	4,7	172	1,27	5,3	390
0,63	1,5	94	0,12	0,6	205	1,12	4,7	175	1,24	5,3	380
0,59	1,3	88	0,12	0,6	198	1,09	4,5	186	1,21	5,1	384
1,00	2,3	144	0,14	0,7	320	1,48	5,7	214	1,62	6,4	534
0,86	1,8	128	0,14	0,7	280	1,35	5,2	204	1,49	5,9	484
0,82	1,6	124	0,14	0,7	255	1,33	5,1	215	1,47	5,8	470
0,77	1,5	114	0,14	0,7	248	1,30	5,0	227	1,44	5,7	475
1,29	2,7	195	0,16	0,8	423	1,79	6,3	265	1,59	7,1	688
1,05	2,1	156	0,16	0,8	343	1,56	5,7	232	1,72	6,5	575
1,00	1,8	147	0,16	0,8	318	1,53	5,5	238	1,69	6,3	556
0,93	1,6	140	0,16	0,8	305	1,48	5,3	253	1,64	6,1	558
1,69	3,2	252	0,18	0,9	552	2,32	7,0	322	2,50	7,9	874
1,37	2,5	205	0,18	0,9	467	2,00	6,3	281	2,18	7,2	748
1,31	2,1	195	0,18	0,9	437	1,86	6,0	286	2,04	6,9	723
1,20	1,9	180	0,18	0,9	419	1,77	5,8	293	1,95	6,7	712

erkennen, daß die Massen innerhalb gewisser Grenzen bestimmte Werte annehmen, so daß sich ein gewisser Schluß daraufhin ziehen läßt, ob der Überbau wirtschaftlich ausgebildet ist oder nicht.

3. Brücken mit einzelnen Bogenträgern ohne und mit Zugband.

a) Massen der Fahrbahn.

Die Fahrbahn ist wie bei den Gewölben mit aufgelösten Zwickeln aus parallel zur Brückenachse laufenden Plattenbalken gedacht, die von Querträger zu Querträger reichen. Die letzteren sind an die Pfosten angeschlossen, welche die Fahrbahnlasten an die Hauptträger übermitteln. Liegen die Bogen unter der Fahrbahn, so stehen die Pfosten auf diesen, liegen sie über derselben, so sind die Pfosten an den Bogen angehängt. Die Massen gelten also sowohl für Brücken mit gestützter als auch mit angehängter Fahrbahn ohne und mit Zugband.

Die Massen der Fahrbahn sind in Zusammenstellung 12 ermittelt, wo auch die Abmessungen der einzelnen Fahrbahnteile angegeben sind.

Die Feldweiten λ sowie die Abstände a der Bogen sind wie bei den eisernen Brücken gewählt.

b) Massen des gesamten Ueberbaues.

Sowohl für die Brücken ohne Zugband als auch mit solchem sind bei gleichen Verhältnissen die Massen für Fahrbahn, Pfosten und Querverbindungen sowie für die Bogen selbst gleich. Bei den Brücken mit Zugband kommen nur noch die Massen für letzteres hinzu. Deshalb sind in Zusammenstellung 13 die Massen für die Überbauten mit Einzelbogen sowohl ohne als auch mit Zugband angegeben. Für die Massenermittlung ist es bei den Überbauten ohne Zugband gleichgültig, ob die Hauptträger unter oder über der Fahrbahn liegen, sofern ihr Pfeilverhältnis gleich bleibt. Die Bogen können ferner im mittleren Teil über der Fahrbahn liegen und mit den Enden unter diese hinabgehen. Ist in letzterem Falle außerdem noch ein Zugband vorhanden, so liegt dieses unmittelbar unter der Fahrbahn, greift also nicht an den Auflagern, sondern höher an.

Die Abmessungen des Bogens und Zugbandes sind statisch festgestellt, wobei der gesamte Bogenschub der Eisenbewehrung des Zugbandes zugewiesen ist. Die in nachstehender Zahlentafel verwendeten Massen der Fahrbahn sind der Zusammenstellung 12 entnommen.

Bei den Bogenbrücken mit über den Hauptträgern liegender Fahrbahn werden häufig mehrere Hauptträger angeordnet. Der Einfachheit halber sind bei den vorliegenden Untersuchungen nur zwei Träger angenommen, weil die Endergebnisse im großen und ganzen nicht viel voneinander abweichen können, wenn zwei kräftigere Träger durch mehrere schwächere ersetzt werden.

Dritter Abschnitt.

**Kosten der Brücken aus Eisen und Eisenbeton
(einschließlich Widerlager).****A. Kosten der Überbauten aus Eisen.****I. Allgemeines.**

Die Neubaukosten der eisernen Überbauten werden, wie bereits erwähnt, durch den Preis für die Gewichtseinheit, also für 1 t oder für 100 kg, ausgedrückt. Dieser Preis wird durch die Kostenberechnung aus dem erforderlichen Baustoff, dessen Bearbeitung und sonstigem Zubehör ermittelt.

Die Kostenberechnung wird auf den einzelnen Werken natürlich verschieden gehandhabt, umfaßt aber im wesentlichen die Bestimmung des Baustoffpreises, der Bureauunkosten, Werkstattlöhne, allgemeinen Unkosten, der Kosten für Anstriche, der Beförderungskosten auf der Eisenbahn und auf Fuhrwerken, der Kosten der Rüstungen, der Aufstellung des Überbaues und der zu dieser noch hinzukommenden Unkosten. Aus der Summe dieser im einzelnen bestimmten Teilkosten wird der Einheitspreis festgestellt.

Nachstehend soll die Ermittlung dieser Teilkosten noch näher erörtert werden.

1. Durchschnittspreis des Baustoffs.

Der Durchschnittspreis des Eisens ist aus den sehr schwankenden Einzelpreisen der verwendeten Profile, deren Grundpreis frei Werk und den nötigenfalls für die einzelnen Profile noch hinzuzurechnenden Überpreisen festzustellen.

Die Bestimmung dieses Durchschnittspreises ist am besten aus nachstehendem Zahlenbeispiel zu ersehen.

Beispiel. Für ein Bauwerk seien 144 t Eisen erforderlich, und zwar

25 t I-Eisen bis N. P. 26	14,50	Mark für 100 kg =	3 625	Mark	:
12 t I-Eisen bis N. P. 36	14,90	„ „ 100 „ =	1 788	„	
10 t I-Eisen 30B	15,10	„ „ 100 „ =	1 510	„	
16 t Universaleisen ¹⁾	13,50	„ „ 100 „ =	2 160	„	
40 t Stabeisen	12,50	„ „ 100 „ =	5 000	„	
33 t Buckelbleche	20,00	„ „ 100 „ =	6 600	„	
8 t Stahlguß	35,00	„ „ 100 „ =	2 800	„	
<hr/>					
144 t Baustoff kosten				= 23 483	Mark.

$$\text{Durchschnittspreis} = \frac{23\,483}{144 \cdot 10} = 16,30 \text{ Mark für 100 kg.}$$

¹⁾ Flacheisen über 180 mm Breite.

Dieser Durchschnittspreis des reinen Baustoffs erhöht sich weiter durch die Abfälle, für die etwa 1 bis 5 vH. zu rechnen ist, und durch den Verbrauch an Nieten, der etwa 1 bis 3,5 vH. beträgt.

Der Baustoffpreis wird dann, wenn man für Abfälle und Nietverbrauch Mittelwerte einführt:

Durchschnittspreis	= 16,30	Mark	für 100	kg
für Abfälle 2 vH.	= 0,35	„	„	100 „
für Niete 2 vH.	= 0,35	„	„	100 „
Baustoffpreis =	17,00	Mark	für 100	kg.

2. Bureauunkosten.

Zu den Bureauunkosten gehören die Kosten für Entwurfsbearbeitung (Vorentwürfe usw.), wenn die Pläne noch nicht vorliegen, also vom Werk erst angefertigt werden müssen, ferner die Kosten für die Werkstattzeichnungen. Diese Kosten können ungefähr aus der Anzahl der hierbei beschäftigten Personen (Ingenieure, Techniker, Zeichner) und deren Gehälter ermittelt und entsprechend dem Gesamtgewicht des Überbaues für 100 kg Eisenkonstruktion umgerechnet werden. Die Bureauunkosten können auch zu den allgemeinen Unkosten (siehe später) geschlagen werden.

3. Werkstattlöhne.

Die Werkstattlöhne werden meist nach Erfahrungssätzen ermittelt und richten sich nach der Schwierigkeit der Bearbeitung des Materials; sie schwanken etwa zwischen 1 und 10 Mark für 100 kg. Reichen Erfahrungssätze nicht aus, so müssen die Ausgaben für die einzelnen Bearbeitungen, wie Transport in der Werkstatt, für das Vorzeichnen, das Schneiden auf Länge, das Bohren der Nietlöcher, für das Zusammenbauen und Vernieten, für etwaige Schmiedearbeiten u. dergl., getrennt festgestellt und auf diese Weise der Einheitspreis ermittelt werden.

Bei ausgerundeten und ausgeschnittenen Knotenblechen für Brücken, die erst durch sorgfältiges Ausbohren und Meißeln, in neuerer Zeit durch autogenes Schneidverfahren und Nacharbeiten hergestellt werden müssen, und bei besonders verwickelten Ausführungen oder solchen von ganz leichtem Gesamtgewicht kann der letztgenannte Preis von 10 Mark und mehr erreicht werden.

4. Allgemeine Unkosten.

Die allgemeinen Unkosten werden meist in Hundertteilen der Werkstattlöhne in die Kalkulation eingeführt und betragen etwa 50 bis 200 vH. der letzteren. Sie setzen sich zusammen aus den Unterhaltungskosten der technischen, kaufmännischen und Werkstättenbureaus, den Gehältern sämtlicher Betriebsbeamten, den Unterhaltungskosten der Werkstätten,

den Abschreibungen für den Verbrauch an Geräten und Maschinen und all den Ausgaben, die nicht zur unmittelbaren Herstellung der Bauteile dienen (Provisionen, Reisekosten, Steuern, Beiträge für Krankenkassen, Unfall- und Dienstunfähigkeits-Versicherungen usw.) und mit denen die Unkostenaufstellungen belastet werden. Die allgemeinen Unkosten werden gewöhnlich nach den Feststellungen des letzten Jahres bestimmt.

5. Anstriche.

Nach vorausgegangener gründlicher Reinigung von Schmutz und Rost kommen ein oder zwei Anstriche in der Werkstatt (mit Leinölfirnis bzw. noch mit Bleimennige oder einer Rostschutzfarbe) und gewöhnlich zwei Anstriche auf der Baustelle (mit Deckfarbe) nach vollendeter Aufstellung in Frage. Die Kosten werden nach dem erfahrungsmäßigen Verbrauch an Farbstoffen und den aufgewendeten Löhnen, gewöhnlich für 100 kg Eisenkonstruktion (0,50 bis 1,40 Mark, je nach Anzahl der Anstriche) angesetzt. Manchmal werden auch die zu streichenden Flächen, die überschläglich zu ermitteln sind, der Preisbestimmung (für 1 qm Anstrichfläche) zugrunde gelegt. Vielfach wird es für zweckmäßig erachtet, die Herstellung der Anstriche nach erfolgter Aufstellung gemäß eingeholten Angeboten den Farbenfabriken oder größeren Malermeistern zu übertragen.

6. Beförderungskosten.

Zu den Beförderungskosten gehören die Eisenbahnfrachten (nach den Sondertarifen für Eisenbauten) und die Kosten für Fuhrlöhne beim Landtransport von der nächsten Eisenbahnstation zur Baustelle.

Hat ein Werk keinen Gleisanschluß, so kommen zu den genannten Kosten noch die Aufwendungen für die Anfuhr vom Werk bis zur Bahnverladestelle hinzu.

7. Rüstungen.

Die Rüstungen können in den Einheitspreis der Eisenkonstruktion eingerechnet oder für sich veranschlagt werden. Im ersteren Falle kommen erfahrungsgemäß 0,50 bis 5,00 Mark für 100 kg Eisen in Betracht. Außergewöhnliche Fälle (schwimmende Rüstungen usw.) bedingen unter Umständen noch höhere Kosten.

Für die Veranschlagung der Rüstungen können folgende Grundsätze dienen. Das Aufstellungsgerüst wird, falls es das Eisenwerk nicht selbst ausführt, an einen Subunternehmer auf Grund eines Angebots weiter vergeben, der die Rüstung leihweise liefert, aufstellt und wieder abbricht. Die kleineren Rüstungen, die sogenannten „Nietrüstungen“ werden fast stets vom Werk selbst aufgestellt und sind im Preis der

Montage einbegriffen. Natürlich läßt sich ein Gerüstteil aus Holz nur eine gewisse Zeit verwenden, da, abgesehen von der allgemeinen Abnutzung, fast bei jedem Gerüst Verschnitt und Abgang vorhanden ist.

Die Kosten für Vorhaltung der Montagerüstung können zu etwa 30 vH. der Neuanschaffungskosten gerechnet werden. Die letzteren lassen sich, wie folgt, ermitteln.¹⁾

Auf 1 t Eisen kommen 0,5 bis 1,5 cbm Gerüstholz oder bei einer angenommenen Brückenbreite von 5 m sind für 1 qm verbaute Ansichtsfläche der Brückenöffnung 0,1 bis 0,3 cbm, im Mittel also 0,2 cbm zu rechnen; der Eisenbedarf (Kleineisenzeug) ist 10 bis 25 kg, im Mittel also 18 kg für 1 cbm Holz.

Auf 1 cbm umbauten Raum kommen somit $\frac{0,2}{5} = 0,04$ cbm Holz.

Für die Bestimmung des Arbeitslohnes läßt sich annehmen, daß zur Aufstellung von 1 cbm Holz 35 bis 50 Stunden, im Mittel also 43 Stunden erforderlich sind.

Nach diesen Angaben belaufen sich die Kosten:

1 cbm Holz frei Baustelle zu liefern . . .	60 Mark
43 Arbeitsstunden im Mittel 0,80 Mark . . .	34 „
18 kg Kleineisenzeug zu 0,40 Mark für 1 kg . . .	7 „
Kosten für 1 cbm Gerüstholz =	101 Mark.

1 cbm umbauter Raum kostet somit

$$101 \cdot 0,04 = 4,04 \text{ Mark} = \text{rd. } 4 \text{ Mark.}$$

Die Gesamtkosten des Aufstellungsgerüsts betragen nach Schönhöfer etwa 5 bis 15 vH., also im Mittel 10 vH. der gesamten Bausumme der eisernen Brücke.

Die genannten Kosten kommen für neue Aufstellungsgerüste in Betracht. Für das Vorhalten des Gerüsts können, wie vorher erwähnt, 30 vH. der Neuanschaffungskosten angenommen werden; 1 cbm umbauter Raum würde sich hiernach auf etwa $\frac{4}{100} \cdot 30 = 1,20$ Mark stellen.

Beispiel. Würde das Aufstellungsgerüst einer Balkenbrücke 5 m hoch sein, so könnte man für 1 qm Brückengrundfläche $5 \cdot 1,20 = 6,00$ Mark für das Vorhalten rechnen. Wiegt der Überbau 400 kg/qm Grundfläche, so wäre in die Kalkulation $\frac{6,00}{400} \cdot 100 = 1,50$ Mark für 100 kg Eisenkonstruktion einzusetzen.

¹⁾ Vergl. Schönhöfer, Haupt-, Neben- und Hilfsgerüste im Brückenbau, S. 25. Berlin 1911. Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.

8. Aufstellung.

Die Kosten der Aufstellung bewegen sich je nach der Schwierigkeit der Arbeit erfahrungsgemäß zwischen 0,75 und 9,00 Mark für 100 kg und mehr und werden am besten entsprechend den bei ausgeführten Bauwerken gemachten Erfahrungen angenommen.

Für die Bemessung des Preises kommt in erster Linie die Lage der Baustelle in Frage, d. h. die Erwägung, ob und unter Aufwendung welcher Lohnsätze geeignete Arbeitskräfte zu beschaffen sind. Für die vom Werk zu entsendenden Arbeitskräfte sind die Reisekosten und Ortszulagen in Betracht zu ziehen. Für Baustellen, die in größerer Entfernung von Wohnplätzen liegen, müssen unter Umständen Schlafbaracken errichtet und Bauschenken, welche für Speise und Trank sorgen, gebaut werden. Von großem Einfluß auf die Aufstellungskosten ist ferner die Jahreszeit, in welcher gebaut werden muß. Ungünstige Witterung, die hauptsächlich im Winter eintreten kann, wie Schnee und Regen, starker Frost, das Arbeiten bei kurzen Tagen, künstlicher Beleuchtung usw., verteuern die Aufstellung gegenüber einer Ausführung in günstiger Jahreszeit unter Umständen um 20 bis 40 vH.

9. Aufstellungsunkosten.

Die Aufstellungsunkosten betragen etwa 20 bis 60 vH. der Kosten der Aufstellung. Sie setzen sich zusammen aus den Kosten für An- und Abfuhr der Geräte, Maschinen und Werkzeuge, den Reise- und Fahrgeldern für die Monteure und Arbeiter (vergl. auch unter 8.), den Ausgaben für Kranken- und Unfallversicherung und allen sonstigen Kosten, welche die Montage bedingt und die einen Teil der allgemeinen Unkosten bilden (siehe unter 4.).

10. Vermittlungsgebühr.

Die Vermittlungsgebühr ist dem Vertreter des Werkes, der den Auftrag vermittelt, zu entrichten und beträgt in der Regel 0,5 bis 2 vH. der Gesamtkosten des Überbaues. Falls solche gezahlt wird, ist sie in den Angebotspreis natürlich einzurechnen.

11. Selbstkosten, Verdienst, Angebotpreis.

Werden die in den Punkten 1 bis 10 angegebenen Teilkosten zusammengezählt, so entstehen die Selbstkosten des Unternehmers, zu denen noch der Verdienst zu rechnen ist, damit der Angebotpreis zustande kommt.

Als Verdienst werden je nach der Marktlage, d. h. der mehr oder weniger vorhandenen Beschäftigung, 5 bis 15 vH. der Selbstkosten angesetzt.

Um die Werkstätten und Bureaus zu beschäftigen und um nicht zur Entlassung eingearbeiteter Beamten und Arbeiter schreiten zu müssen, pflegt der Unternehmer nicht selten den Bau zu den Selbstkosten, manchmal sogar noch unter diesen anzubieten.

Für den Angebotspreis ist also der Umstand von Bedeutung, ob ein Werk viel Arbeit hat oder nicht, ob die Ausführung des Bauwerks schwierig, mit großer Verantwortung und bedeutendem Wagnis verknüpft ist oder nicht usw. Wenn z. B. eine Brücke in ganz kurzen Fristen, deren Nichtinnehaltung große Verkehrsstörungen oder Vertragsstrafen verursachen würde, hergestellt werden muß, wie beispielsweise bei Auswechslung von Überbauten u. dergl., so darf nicht vergessen werden, daß durch Überstunden und Nacharbeit beträchtliche Ausgaben entstehen können.

Anhaltspunkte zur Festsetzung eines Erfolg versprechenden Angebotpreises geben auch frühere oder gleichzeitige Ausschreibungen, aus denen hervorgeht, zu welchem Preise andere Firmen ein ähnliches Bauwerk angeboten haben.

II. Balkenbrücken.

Nach den vorher allgemein erörterten Gesichtspunkten genügt es, die Preisbestimmung der Balkenbrücken an zwei Beispielen zu zeigen.

Beispiel 1. Für eine Brücke aus Walzträgern von 6 m Lichtweite ist der Einheitspreis zu bestimmen.

Nach Zusammenstellung 1 beträgt das Gewicht des eisernen Überbaues 201 kg/qm Grundfläche.

Im einzelnen verteilt sich dieses Gewicht wie folgt:

Belageisen N. P. 11	64 kg/qm
I-Träger N. P. 45	117 „
Stabeisen (Verband)	20 „
	<hr/>
	zusammen 201 kg/qm.

Der Durchschnittspreis des Eisens ergibt sich zu:

64 kg Belageisen N. P. 11	15,00 Mark für 100 kg =	9,60 Mark
117 „ I-Träger N. P. 45	15,50 „ „ 100 „ =	18,20 „
20 „ Stabeisen, im Mittel	13,00 „ „ 100 „ =	2,60 „
	<hr/>	
201 kg Eisen kosten		30,40 Mark.

$$\text{Durchschnittspreis} \frac{30,40}{201} \cdot 100 = 15,10 \text{ Mark für } 100 \text{ kg.}$$

Kostenberechnung.

Baustoff für 100 kg	15,10 Mark
Abfall und Verschnitt 2 vH.	0,30 „
Niete 2 vH.	0,30 „
	<hr/>
	Zu übertragen 15,70 Mark

Löhne: Übertrag 15,70 Mark

auf 100 kg Eisenkonstruktion kommen

32 kg Belageisen . . . 0,50 Mark für 100 kg = 0,15 Mark

58 „ I-Träger . . . 2,50 „ „ 100 „ = 1,45 „

10 „ Stabeisen . . . 6,00 „ „ 100 „ = 0,60 „

100 kg = 2,20 Mark 2,20 „

Allgemeine Unkosten (einschl. Bureauunkosten):

100 vH. der Löhne 2,20 „

2 Anstriche in der Werkstatt 0,50 „

Frachten —,—

Landbeförderungen —,—

Rüstung 0,50 „

Aufstellung 2,00 „

Aufstellungsunkosten 40 vH. 0,80 „

2 Anstriche nach Aufstellung 0,70 „

Selbstkosten 24,60 Mark

Verdienst 10 vH. 2,50 „

Angebotpreis ab Werk 27,10 Mark.

Hierzu sind noch die Kosten für Eisenbahnbeförderung und Anfuhr zur Baustelle, die zunächst noch nicht eingesetzt sind, zu rechnen.

Beispiel 2. Für eine Brücke aus Blechträgern von 16 m Lichtweite ist der Einheitspreis zu ermitteln.

Gewicht des Überbaues nach Zusammenstellung 1 = 315 kg/qm Grundfläche. — Im einzelnen:

Belageisen			64 kg/qm
I-Eisen N. P. 36	}	Fahrbahn	63 „
I-Eisen N. P. 45			29 „
Universal-undStabeisen			24 „
Grobbleche (Stegblech)	}	Hauptträger	37 „
Universal-undStabeisen			78 „
Stabeisen (Verband)			20 „
<u>zusammen</u>			<u>315 kg/qm.</u>

Durchschnittspreis des Eisens:

64 kg Belageisen N.P.11 . . . 15,00 Mark für 100 kg = 9,60 Mark

63 „ I-Eisen N.P.36 . . . 14,90 „ „ 100 „ = 9,40 „

29 „ desgl. N.P.45 . . . 15,50 „ „ 100 „ = 4,50 „

37 „ Grobbleche 14,00 „ „ 100 „ = 5,20 „

122 „ Universal- u. Stabeisen 13,00 „ „ 100 „ = 15,90 „

315 kg Eisen kosten 44,60 Mark.

Durchschnittspreis $\frac{44,60}{315} \cdot 100 = 14,20$ Mark für 100 kg.

Zusammenstellung 14.

**Kosten der Überbauten der eisernen Balkenbrücken
bis 20 m Lichtweite.**

Lichtweite l_0 m	Stützweite l m	Gesamtes Eisengewicht kg/qm	Kosten für 1 qm Grundfläche (30 \mathcal{M} für 100 kg) \mathcal{M}
4	4,4	167	50
6	6,6	201	60
8	8,6	234	70
10	10,7	251	75
12	12,7	290	87
14	14,8	300	90
16	16,8	315	95
18	18,8	330	99
20	20,8	350	105

Zusammenstellung 15.

Kosten der Überbauten der eisernen Bogenbrücken von 20 bis 100 m Lichtweite für 1 qm Grundfläche.

Lichtweite l_0 m	Ohne Zugband						Mit Zugband					
	Ohne Konsolen			Mit Konsolen			Ohne Konsolen			Mit Konsolen		
	Mittleres Eisen- gewicht kg/qm	Einheits- preis €/kg	Angebot- kosten €/qm									
20	305	0,300	91,50	240	0,300	72,10	325	0,300	97,50	260	0,300	78,00
30	325	0,300	97,50	260	0,300	78,00	355	0,300	106,40	290	0,300	87,00
40	355	0,300	106,50	285	0,300	85,50	395	0,300	118,40	325	0,300	97,50
50	380	0,325	123,40	305	0,325	99,20	430	0,325	139,70	355	0,325	115,30
60	415	0,325	134,70	340	0,325	110,30	475	0,325	154,30	395	0,325	128,30
70	435	0,325	141,30	355	0,325	115,20	505	0,325	164,00	425	0,325	138,00
80	475	0,350	166,20	390	0,350	136,40	560	0,350	196,00	465	0,350	162,70
90	495	0,350	173,00	410	0,350	143,40	585	0,350	204,80	495	0,350	173,30
100	515	0,350	180,00	425	0,350	148,70	620	0,350	217,00	520	0,350	182,00

Kostenberechnung.

Baustoff für 100 kg		14,20	Mark
Abfall und Verschnitt 2 vH.		0,30	„
Niete 2 vH.		0,30	„
Löhne:			
20 kg Belageisen	0,50 Mark für 100 kg = 0,10	Mark	
29 „ I-Eisen	2,50 „ „ 100 „ = 0,75	„	
51 „ Blechträg. u. Verb. 5,00 „ „ 100 „ = 2,50	„	„	
100 kg	= 3,35	Mark	3,35 „
Allgemeine Unkosten (einschl. Bureauunkosten):			
100 vH. der Löhne		3,35	„
2 Anstriche in der Werkstatt		0,50	„
Frachten		—,—	„
Landbeförderung		—,—	„
Rüstungen		1,80	„
Aufstellung		2,00	„
Aufstellungsunkosten 40 vH.		0,80	„
2 Anstriche nach Aufstellung		0,70	„
	Selbstkosten	27,30	Mark
	Verdienst 10 vH.	2,70	„
	Angebotpreis ab Werk	30,00	Mark.

Auch hier kommen noch die Kosten für Eisenbahnbeförderung und Anfuhr zur Baustelle hinzu.

Bei Verwendung von Buckelblechen ist etwa zu setzen:

Baustoffpreis	20,00	Mark für 100 kg (statt 15,00	Mark)
Löhne	2,00	„ „ 100 „ („ 0,50 „)	
Aufstellung	2,50	„ „ 100 „ („ 2,00 „)	

Demgemäß werden Brücken mit Buckelblechen teurer als mit Belageisen.

Für die Ermittlung der Kosten der eisernen Überbauten zwecks späteren Kostenvergleichs genügt es, in Zusammenstellung 14 für sämtliche Spannweiten den Angebotpreis von 30 Mark für 100 kg einzusetzen. Das Gesamtgewicht der Überbauten ist der Zusammenstellung 1 entnommen.

III. Bogenbrücken.

Die Kostenberechnung der Bogenbrücken ist im wesentlichen die gleiche wie für Balkenbrücken. Bei größeren Spannweiten ergeben sich natürlich infolge der größeren Eisenquerschnitte und der schwierigeren Arbeiten höhere Baustoffpreise, Arbeitslöhne usw., wie überhaupt sämtliche Unkosten entsprechend wachsen. Im großen und ganzen gilt jedoch

auch hier das S. 48 u. f. Gesagte. Wie bereits bemerkt, sind die einzusetzenden Preise auf Grund der Erfahrung zu bemessen und durch Nachberechnung nach Fertigstellung des Baues für spätere Zwecke entsprechend zu berichtigen.

Die Kostenberechnung einer Bogenbrücke sei an einem Beispiel andeutungsweise gezeigt.

Beispiel. Es möge eine Bogenbrücke von 80 m Lichtweite, 10 m Hauptträgerabstand mit beiderseitigen Gehwegauskragungen von je 3 m Weite vorliegen.

Der Durchschnittspreis des Baustoffs einschl. Verschnitt, Niete, Aufpreis und einschl. Stahlguß für die Lager sei, wie schon bei den Balkenbrücken gezeigt, nach besonderem Eisenauszug ermittelt zu:

Für 100 kg	15,00	Mark
Löhne (schwierigere u. sorgfältigere Arbeit) durchschnittl.	4,50	„
Allgemeine Unkosten 100 vH.	4,50	„
2 Anstriche in der Werkstatt	0,60	„
Frachten	—,—	„
Landbeförderung	—,—	„
Rüstung	3,00	„
Aufstellung	3,00	„
Aufstellungsunkosten 40 vH.	1,20	„
2 Anstriche nach Aufstellung	0,80	„
	<hr/>	
Selbstkosten	32,60	Mark
Verdienst 10 vH.	3,30	„
	<hr/>	
Angebotpreis ab Werk	35,90	Mark.

Die Kosten der eisernen Bogenbrücken sind in Zusammenstellung 15 ermittelt, wobei die Angebotpreise wie folgt angenommen sind:

bis 40 m Lichtweite (einschl.)	30,00	Mark
von 50 „ 70 „ „ „	32,50	„
„ 80 „ 100 „ „ „	35,00	„

Diese Preise entsprechen Mittelwerten (vergl. auch Tafel II des Anhangs); geringe Änderungen derselben haben, wie sich später zeigen wird, auf die Schlußfolgerungen keinen wesentlichen Einfluß.

B. Kosten der Überbauten aus Eisenbeton.

I. Allgemeines.

Die Kosten der Eisenbetonbrücken lassen sich nicht so leicht übersehen wie die der eisernen Brücken. Bei den letzteren kann aus dem Eisengewicht unmittelbar auf die Kosten geschlossen werden, da der Tonnenpreis der fertigen Eisenkonstruktionen sich innerhalb gewisser

Grenzen wenig ändert; auch ihr Gewicht kann einigermaßen nach ausgeführten Brücken geschätzt werden.

Bei den Eisenbetonbrücken kommen mehrere Faktoren in Frage, da die verschiedenen Formen der Überbauten andere Massen an Beton, Schalung und Eiseneinlagen ergeben und auch die Arbeitslöhne hierbei verschieden sind. Hierzu kommt noch der Umstand, daß für die Kostenschätzung nicht so viel Ausführungsbeispiele wie bei den eisernen Brücken vorliegen, da es sich um ein verhältnismäßig neueres Gebiet der Ausführung weitgespannter Bogenbrücken handelt.

Die Kostenberechnung erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den eisernen Brücken, indem die Einheitspreise nach Erfahrungssätzen bemessen werden. Auch hier gilt das von den eisernen Brücken Gesagte, daß jeder Unternehmer die Kosten in seiner eigenen Weise bestimmt. Im allgemeinen erstreckt sich die Kostenberechnung der Eisenbetonbrücken auf die Ermittlung des Preises der zu ihrer Herstellung nötigen Baustoffe und der Kosten ihrer Verarbeitung bis zum fertigen Bauwerk. Die Baustoffe sind in erster Linie Beton, Rundeisen, Schalung und Rüstung. Diese Baustoffe sind teils unmittelbar als Bestandteile der Brücke erforderlich, wie Beton und Eisen, teils sind sie mittelbar zur Ausführung derselben nötig, wie Schalung und Rüstung.

Sind die zu einem Bauwerk erforderlichen Massen bekannt, so lassen sich aus den Einheitspreisen die Selbstkosten des Unternehmers angenähert bestimmen. Werden zu den letzteren noch die allgemeinen Unkosten (Bureauunkosten, Bauunkosten usw.) und schließlich der gewünschte Verdienst gerechnet, so ergibt sich der Angebotpreis. Das bei den eisernen Brücken S. 49 u. f. über Bureauunkosten, allgemeine Unkosten usw. allgemein Gesagte gilt auch teilweise für Eisenbetonbrücken, so daß nur noch wenig hinzuzufügen ist.

Die bei der Kostenberechnung angenommenen Einheitspreise sollen zunächst in nachstehendem entwickelt werden.

1. Beton.

Der Beton wird durch Mischen von Zement mit Kiessand oder ähnlichen Zuschlägen, wie Sand und Steinsplitt und dergl., unter Wasserzufuhr, erzeugt und in die Schalung eingestampft. Bei der Einstampfung geht von dem gemischten Rauminhalt erfahrungsgemäß etwa 30 vH. verloren.

Für Portlandzement¹⁾ (solcher kommt hier nur in Frage) ist ein Durchschnittspreis von 5,25 Mark für 1 Faß = 3 Sack = 170 kg Nettogewicht

¹⁾ Für kleinere Bauwerke kommt wohl auch der billigere Eisenportlandzement in Betracht.

angenommen. Da 1 cbm Portlandzement zu 1400 kg zu rechnen ist, so entspricht dem Gewicht von 170 kg ein Raummaß $\frac{170}{1400} = 0,121$ cbm und 1 cbm Zement kostet dann $\frac{5,25}{0,121} = \text{rd. } 43$ Mark. Der Preis des Kieses ist mit dem Mittelwerte von 5 Mark angenommen.

Wird der Preisberechnung ein Mischungsverhältnis von 1 Raumteil Zement zu 4 Raumteilen Kiessand zugrunde gelegt, so ergibt sich der Preis des Betons (ohne Arbeitslohn) wie folgt:

1,0 cbm Zement	43 Mark
4,0 „ Kiessand zu 5 Mark	20 „
5,0 cbm Beton (ungestampft) kosten	63 Mark
30 vH. Einstampfung 1,5 „ abzuziehen	
3,5 cbm Beton (gestampft) kosten	63 Mark
1 cbm Beton kostet $\frac{63}{3,5} = 18$ Mark.	

Zu diesen Materialkosten ist noch der Arbeitslohn, der zu etwa 6 Mark angenommen werden kann, zu rechnen. Somit kostet 1 cbm fertig verarbeiteter Beton $18 + 6 = 24$ Mark.

2. Schalung.

Die Kosten der Schalung richten sich nach dem Holzverbrauch und nach der Arbeit, die für das Zuschneiden und Einbringen erforderlich ist.

Für die in Frage kommenden Brückenarten sind die später angesetzten Preise wie folgt bestimmt:

a) Plattenbalkenbrücken und die aus Plattenbalken bestehende Fahrbahn der Bogenbrücken.

Der Preis der Schalung, die 2,5 bis 3 cm stark ist und durch Knaggen gehalten wird, ergibt sich für 1 qm abgewickelter Fläche zu:

scharfkantig, parallel besäumte Schalbretter	
aus Kiefernholz (2,5 cm stark)	1,10 Mark/qm
Arbeitslohn	0,75 „
Zuschlag für Knaggen	0,15 „
Kosten der fertigen Schalung	2,00 Mark/qm.

Die Schalbretter können zum Teil wieder verwendet werden; dies ist in der Weise berücksichtigt, daß für die Knaggen nur ein kleiner Zuschlag (0,15 Mark/qm) zur Abrundung gemacht ist.

b) Stützen.

Die Stützen übertragen bei den Bogenbrücken die Fahrbahnlast auf das Gewölbe bzw. die Einzelbogen.

Die Schalung muß aus wenigstens 3 cm starken Brettern bestehen und erfordert, da sie in Tafeln die Stütze umschließt, viel Verschnitt und etwas mehr Holz, als die abgewickelte Fläche ergibt. Da nur die abgewickelte Fläche gerechnet wird, ist als Ausgleich hierfür eine mehrmalige Benutzung der Schalbretter nicht berücksichtigt.

Der Preis ist wie folgt bestimmt:

1 qm Schalbretter (3 cm stark) ¹⁾	1,50 Mark/qm
Arbeitslohn (sorgfältige Aufstellung der Schalung)	1,25 ..
Kosten der fertigen Schalung	<u>2,75 Mark/qm.</u>

c) Einzelbogen.

Auch hier gilt das bei den Stützen zuletzt Gesagte. Die Schalung besteht aus dem Boden, der auf den Kranzhölzern der Rüstung liegt, und den Seitenwänden, die gegen das Lehrgerüst der Einzelbogen abgesteift werden müssen.

Der Preis ist ermittelt zu:

1 qm Schalbretter (3 cm stark)	1,50 Mark/qm
Absteifung der Seitenwände	1,00 ..
Arbeitslohn	1,00 ..

Kosten der fertigen Schalung 3,50 Mark/qm.

3. Eisenbewehrung.

Der Preis der Rundeisenbewehrung setzt sich zusammen aus dem Werkpreis des Eisens, den Beförderungskosten zur Baustelle und den Arbeitslöhnen für Zuschneiden, Biegen und Verlegen. Aus diesen Einheiten ergeben sich die Gesamtkosten für die fertig eingebrachte Eisenbewehrung wie folgt:

Preis des Eisens ab Werk	10,00 Mark für 100 kg
Eisenbahnfrachten	1,50 100 ..
Anfuhr zur Baustelle	0,50 100 ..
Zuschneiden, Biegen und Verlegen ²⁾	4,00 100 ..
Kosten der fertigen Eisenbewehrung	<u>16,00 Mark für 100 kg.</u>

4. Schalgerüst.

Bei Plattenbalkenbrücken sind geringere Aufwendungen als bei gewölbten Brücken nötig, da das Lehrgerüst mit einfacheren Hilfsmitteln, z. B. Stielen aus Rundholz für die Abstützung der Rahmen, hergestellt werden kann. Außerdem ist zu beachten, daß die Hölzer mehrmals verwendbar sind. In Zusammenstellung 16 sind deshalb für die Kosten der

¹⁾ Einschl. der erforderlichen Kanthölzer und des Verbindungsdrahtes.

²⁾ Verschnitt und Verlust sind bei der Massenbestimmung berücksichtigt.

Rüstungen Erfahrungspreise eingesetzt, die sich, da Bauten auf schlechtem Grunde und über Wasser ausgenommen werden, innerhalb der Grenzen von 3,50 bis 7,50 Mark für 1 qm Brückengrundfläche bewegen.

Zu bemerken ist, daß das Lehrgerüst einer massiven Brücke mehr Sorgfalt als das einer eisernen Brücke erfordert, da es einerseits größere Lasten aufzunehmen hat und so gebaut sein soll, daß es sich möglichst wenig verschiebt bezw. setzt und andererseits Vorrichtungen besitzen muß, die eine genaue Einstellung vor Beginn der Betonierung und eine vorsichtige Ausrüstung nach Vollendung des Bogens erlauben.

Die Neuanschaffungskosten der Lehrgerüste der massiven Brücken lassen sich ähnlich wie die der Montagegerüste der eisernen Brücken wie folgt ermitteln.

Auf 1 cbm Gewölbemauerwerk kommen 0,3 bis 0,5 cbm Holz oder auf 1 qm verbaute Ansichtsfläche der Brückenöffnung kommen bei etwa 5 m Gewölbbebreite je nach der Taltiefe 0,20 bis 0,35, im Mittel also 0,28 cbm Holz.¹⁾ Auf 1 cbm umbauten Raum entfällt somit $\frac{0,28}{5} = 0,056$ cbm Holz. Der Eisenbedarf beträgt 10 bis 30 kg, im Mittel also 20 kg für 1 cbm Holz.

Zwecks Schätzung des Arbeitslohnes läßt sich annehmen, daß für den Einbau von 1 cbm Holz 40 bis 55 Stunden, im Mittel also 48 Stunden erforderlich sind.

Nach diesen Annahmen ergeben sich die Kosten zu:

1 cbm Holz frei Baustelle zu liefern . . .	60 Mark
48 Arbeitsstunden zu im Mittel 0,80 Mark . .	38 „
20 kg Kleineisenzeug zu 0,40 Mark/kg . . .	8 „
Kosten für 1 cbm Gerüstholz	<u>106 Mark.</u>

1 cbm umbauter Raum kostet somit

$$106 \cdot 0,056 = 5,94 \text{ Mark} = \text{rd. } 6 \text{ Mark.}$$

Die Gesamtkosten eines Lehrgerüstes betragen etwa 10 bis 20 vH., also im Mittel 15 vH. der gesamten Bausumme der Brücke.

Lehrgerüste für massive Brücken sind somit (vergl. S. 51) 33 vH. teurer als die Aufstellungsgerüste eiserner Brücken.

Werden, da sich die Gerüste oder Teile derselben mehrmals verwenden lassen, die Kosten für das Vorhalten wie bei den eisernen Brücken zu 30 vH. der Neuanschaffungskosten angenommen, so wäre für 1 cbm umbauten Raum $\frac{6}{100} \cdot 30 = 1,80$ Mark in Ansatz zu bringen. Bei großen Spannweiten, insbesondere aber auch bei schlechtem Boden, Bauten über Wasser, tiefen Tälern, kann sich jedoch dieser Preis wesentlich erhöhen,

¹⁾ Vergl. Schönhöfer, Brückengerüste, S. 60.

Zusammenstellung 16.

Kosten der Plattenbalkenbrücken für 1 qm Grundfläche.

Licht- weite l_0 m	Stütz- weite l m	Massen für 1 qm Grundfläche			Kosten für 1 qm Grundfläche			Gesamt- kosten M/qm	Bureau- unkosten und Verdienst 20 vH. M/qm	Bau- unkosten insgesamt 250 bis 500 M M/qm	Angebot- kosten M/qm		
		Beton ebm	Schalung qm	Eisen- einlagen kg	Rüstung*) qm	Beton 24 M/cbm M	Schalung 2 M/qm M					Eisen- einlagen 0,16 M/kg M	Rüstung M
4	4,4	0,26	2,0	32	I	6,20	4,00	5,10	3,50	18,80	3,80	6,00	28,60
6	6,6	0,30	2,3	36	I	7,20	4,60	5,80	4,00	21,60	4,30	5,50	31,40
8	8,6	0,33	2,5	44	I	7,90	5,00	7,00	4,50	24,40	4,90	5,00	34,30
10	10,7	0,41	2,7	53	I	9,90	5,40	8,50	5,00	28,80	5,80	4,50	39,10
12	12,8	0,44	2,8	63	I	10,60	5,60	10,10	5,50	31,80	6,40	4,00	42,20
14	14,8	0,49	2,9	75	I	11,80	5,80	12,00	6,00	35,60	7,10	3,50	46,20
16	16,9	0,59	3,1	90	I	14,20	6,20	14,40	6,50	41,30	8,30	3,00	52,60
18	19,0	0,67	3,3	110	I	16,10	6,60	17,60	7,00	47,30	9,50	2,50	59,30
20	21,0	0,74	3,5	130	I	17,80	7,00	20,80	7,50	53,10	10,60	2,00	65,70

*) Auf 1 qm Brückengrundfläche kommt 1 qm Schalgerüst (im Grundriß gemessen).

da für die Gerüststiele, um ein Setzen derselben zu verhüten, besondere Unterbauten, wie Betonbankette, Rammfähle u. dergl., erforderlich werden (vergl. S. 71).

5. Unkosten und Verdienst.

Die Unkosten verteilen sich hauptsächlich auf die Bureau- und Bauunkosten. Die ersteren sind zum Verdienst, der wie bei den eisernen Brücken zu 10 vH. angenommen ist, zugeschlagen und können zu 5 vH. der Selbstkosten veranschlagt werden. Ferner sind noch 5 vH. für Unvorhergesehenes hinzugefügt, da bei Eisenbetonbrücken damit gerechnet werden muß, daß bei Bezug der Baumaterialien und deren Beförderung noch Unkosten entstehen, die im voraus nicht abzusehen sind, die aber, wenn die Kostenberechnung zuverlässig sein soll, immerhin zu berücksichtigen sind.

Bureauunkosten und Verdienst sind daher zu $5 + 5 + 10 = 20$ vH. der Selbstkosten angenommen.

Die Bauunkosten entstehen hauptsächlich durch die zur Einrichtung der Baustelle erforderlichen Maßnahmen, wie Aufstellung von Schuppen für Zement, Geräte, Arbeiter usw. Sie sind schätzungsweise für den ganzen Bau angenommen und dann auf 1 qm Grundfläche verteilt. Bei kleinen Brücken sind die Bauunkosten naturgemäß, auf 1 qm Grundfläche bezogen, höher als bei großen Spannweiten, bei welchen sie fast unveränderlich bleiben. Die Bauunkosten wachsen nicht mit der Spannweite, da die Einrichtung jeder Baustelle vorerst gewisse Anlagen verlangt, gleichgültig, ob das Bauwerk kleiner oder größer ist, die bei Vergrößerung der Spannweite nicht viel Mehrkosten beanspruchen.

II. Balkenbrücken.

Die Massen der Balken- bzw. Plattenbalkenbrücken sind in Zusammenstellung 8 angegeben und für die Kostenermittlung in Zusammenstellung 16 verwertet. Die Preise sind nach S. 62 u. f. für Beton in Mischung 1 : 4 zu 24 Mark/cbm, für Schalung zu 2 Mark/qm und für Eiseninlagen 0,16 Mark/kg angenommen.

Die für die Rüstung eingesetzten Preise, auf 1 qm Grundfläche bezogen, entsprechen, wie bereits S. 64 erwähnt, Erfahrungssätzen. Beträgt die Höhe der Rüstung etwa 5 m, so würden sich nach den in Zusammenstellung 16 eingeführten Preisen die Kosten für 1 cbm umbauter Raum zu 0,70 Mark bis 1,50 Mark ergeben. Diese Preise sind natürlich geringer als die für Bogenbrücken errechneten (vergl. S. 64).

Zu den Selbstkosten sind, wie schon angegeben, für Bureauunkosten, Verdienst und Unvorhergesehenes 20 vH. zugeschlagen. Für die Bau-

unkosten ist schätzungsweise die Summe von 250 bis 500 Mark in entsprechenden Abstufungen eingesetzt; sie ergeben sich dann für 1 qm Grundfläche mit 6 bis 2 Mark.

III. Bogenbrücken.

1. Gewölbe mit Überschüttung.

Die Gewölbe mit Überschüttung sind, wie bereits bemerkt, nur bis 60 m Lichtweite untersucht; hier liegt etwa die Grenze, bis zu welcher sie ausgeführt werden. Bei noch größeren Spannweiten, in der Regel jedoch schon früher, wird der Überbau in Gewölbe, Fahrbahntafel und Stützen aufgelöst, um sein Eigengewicht zu verringern und wohl auch um der Brücke ein leichteres Aussehen zu geben. Die Auflösung des Überbaues wird insbesondere bei großen Pfeilhöhen in Frage kommen, wo die Gewölbezwickel eine beträchtliche Erdauffüllung erfordern würden.

Bei Bestimmung der Kosten für die Gewölbe mit vollen Zwickeln ist, wie bereits S. 31 hervorgehoben, die Erdüberschüttung zu berücksichtigen, da der wirtschaftliche Vergleich der Brücken bis Unterkante Fahrbahndecke durchgeführt ist. Die in Zusammenstellung 17 eingesetzten Einheitspreise für Beton, Schalung und Eiseneinlagen sind S. 61 u. f. ermittelt. Die Preise für die Rüstung entsprechen Erfahrungssätzen, wobei auf das S. 64 Gesagte verwiesen werden kann.

Der umbaute Raum ergibt sich nach Abb. 12 für 1 qm Grundfläche zu

$$V = \frac{2}{3} \cdot \frac{f l_0}{l_0} + \frac{h l_0}{l_0},$$

für $f = \frac{l_0}{6}$

$$V = \frac{2}{3} \cdot \frac{l_0}{6} + h = \frac{l_0}{9} + h.$$

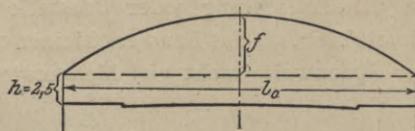


Abb. 12.

Die Höhe des Kämpfers über dem Gelände ist zu $h = 2,5$ m angenommen.

Mit den in Zusammenstellung 17 eingesetzten Preisen würde sich z. B. ergeben

für $l_0 = 10$ m: $V = \frac{10}{9} + 2,5 = 3,6$ cbm

Preis für 1 cbm umbauten Raum = $\frac{5,90}{3,6} = 1,40$ Mark;

für $l_0 = 60$ m: $V = \frac{60}{9} + 2,5 = 9,2$ cbm

Preis für 1 cbm umbauter Raum = $\frac{25,00}{9,2} = 2,70$ Mark.

Für das Hinterfüllen des fertigen Bauwerks einschl. Heranfahen der Erde ist 2,50 Mark/cbm eingesetzt.

Zusammenstellung 17.
Kosten der Gewölbe mit Überschüttung bis 60 m Lichtweite für 1 qm Grundfläche.

Lichtweite l_0 m	Massen für 1 qm Grundfläche				Kosten für 1 qm Grundfläche				Gesamtkosten M/qm	Bureau- und Verdienst 20 vH. M/qm	Bau- und Kosten M/qm	An- gebot- kosten M/qm	
	Beton obm	Scha- lung qm	Eisen- ein- lagen kg	Rüstung (*) qm	Erd- bewe- gung cbm	Beton 24 M/cbm M	Schalung 2 M/qm M	Eisen- einlagen 0,16 M/kg M					Rüstung M
5	0,24	1,2	10	1	0,3	5,80	2,40	1,60	3,00	0,80	2,70	6,00	22,30
10	0,33	1,3	13	1	0,5	7,90	2,60	2,10	5,00	1,30	3,80	4,50	27,20
15	0,52	1,5	17	1	0,8	12,50	3,00	2,70	6,00	2,00	5,20	3,50	34,90
20	0,64	1,6	20	1	1,0	15,40	3,20	3,20	7,00	2,50	6,30	2,00	39,60
25	0,75	1,7	23	1	1,3	18,00	3,40	3,70	8,00	3,30	7,30	2,00	45,70
30	0,86	1,9	26	1	1,5	20,60	3,80	4,20	10,00	3,80	8,50	2,00	52,90
35	1,00	2,0	28	1	1,8	24,00	4,00	4,50	12,00	4,50	9,80	2,00	60,80
40	1,16	2,1	30	1	2,0	27,90	4,20	4,80	15,00	5,00	11,40	2,00	70,30
50	1,38	2,4	35	1	2,5	33,10	4,80	5,60	20,00	6,30	14,00	2,00	85,80
60	1,62	2,6	40	1	3,0	38,90	5,20	6,40	25,00	7,50	16,60	2,00	101,60

*) Siehe Fußnote der Zusammenstellung 16.

Die Baukosten können bis $l_0 = 20$ m, wie bei den Plattenbalkenbrücken, dann unveränderlich zu 2 Mark angenommen werden. Die Massen sind in Zusammenstellung 9 ermittelt.

2. Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln.

Die in Zusammenstellung 18 eingeführten Massen sind in den Zusammenstellungen 9 und 10 ermittelt.

Die Wahl der Einheitspreise ist bereits früher begründet worden.

Da die in Zusammenstellung 18 angegebenen Massen sowohl die Schalung der Fahrbahn als auch die der Stützen und Gewölbe mit verschiedenen Einheitspreisen enthalten, so ist hierfür ein Mittelwert von 2,40 Mark/qm eingeführt; der Preis für Fahrbahn und Gewölbe war zu 2,00 Mark/qm, derjenige der Stützen zu 2,75 Mark/qm bestimmt.

Bezüglich der Rüstungen ist folgendes zu bemerken.

Die Hauptrüstung ist die gleiche wie bei den Gewölben mit Überschüttung. Außerdem ist noch die Rüstung für Fahrbahn und Stützen erforderlich, die auf dem fertig gestampften Gewölbe errichtet werden muß. Wie S. 32 nachgewiesen, kommt auf 1 qm Brückengrundfläche rd. 0,8 qm Fahrbahn, da eine besondere Fahrbahntafel in der Nähe des Brückenseitels entbehrt werden kann; die Fahrbahnbefestigung ruht dann unmittelbar auf dem Gewölbe. Nach dem Gesagten kommt also auf 1 qm Brückengrundfläche nur 0,8 qm Schalgerüst der Fahrbahn. Der Preis des letzteren für 1 qm Grundfläche ist in der betreffenden Spalte der Zusammenstellung 18 in Klammern beigelegt; er entspricht, gleich früher angegebenen Preisen für Rüstungen, gewissen Erfahrungssätzen.

Die Kosten des eigentlichen Lehrgerüsts sind bis 60 m Lichtweite natürlich die gleichen wie bei den Gewölben mit Überschüttung; bis 100 m Lichtweite erhöhen sie sich entsprechend.

Diese Preise lassen sich nach den früher gemachten Angaben leicht nachprüfen. Für ein Gewölbe von z. B. 100 m Lichtweite kommt, wie schon S. 68 angegeben, auf 1 qm Grundfläche ein umbauter Raum

$$V = \frac{l_0}{9} + h = \frac{100}{9} + 2,5 = \text{rd. } 13,6 \text{ cbm.}$$

Der Preis für 1 cbm umbauten Raum beträgt somit (vergl. Zusammenstellung 18) $\frac{55}{13,6} = 4,00$ Mark.

Dieser Preis erscheint nicht zu hoch, wenn bedacht wird, daß die Gerüststiele bei so beträchtlichen Spannweiten, wie schon S. 67 erwähnt, besondere Unterbauten, wie Betonbankette, Rammpfähle usw., benötigen, um ein Setzen des Gerüsts möglichst auszuschließen.

Bei Anordnung von Rammpfählen ist der umbaute Raum um die im Boden steckende Pfahlänge (also bis Pfahlspitze) größer einzuführen, wodurch sich der Preis entsprechend verkleinert. Würden z. B. die Pfähle 4 m tief eingerammt sein, so wäre

$$V = 16,3 + 4,0 = 17,6 \text{ cbm.}$$

Preis für 1 cbm umbauter Raum somit $\frac{55}{17,5} = 3,10$ Mark.

Die Bauunkosten sind wie vorher unveränderlich zu 2 Mark angenommen.

3. Überbauten mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband.

Zu diesen Überbauten sind vor allem die Bauwerke zu rechnen, deren Hauptträger ganz unter der Fahrbahn liegen; im übrigen sei auf die S. 47 gemachten Bemerkungen verwiesen.

Die in Zusammenstellung 19 eingesetzten Einheitspreise sind bereits früher begründet.

Über die Rüstungen ist folgendes zu erwähnen.

Die Hauptrüstung ist nur unter den Einzelbogen, deren zwei angenommen sind, erforderlich. Da die seitliche Schalung der Bogen gegen das Lehrgerüst abgesteift wird, ist letzteres zu beiden Seiten des Bogens von der Breite β mindestens je 1 m breiter zu machen (Abb. 13). Die für zwei Bogenrüstungen erforderliche Breite beträgt demnach

$$B = 2\beta + 4 \text{ m.}$$

Die Bogenbreiten sind der Zusammenstellung 13 zu entnehmen. Für B ergeben sich dann die in Zusammenstellung 19 in der Spalte für die Rüstung des Bogens eingeklammerten Werte; aus diesen Werten sind die für 1 qm Grundfläche nötigen Rüstungen

$$B_1 = \frac{B}{a} = \frac{2\beta + 4}{a}$$

zu ermitteln.

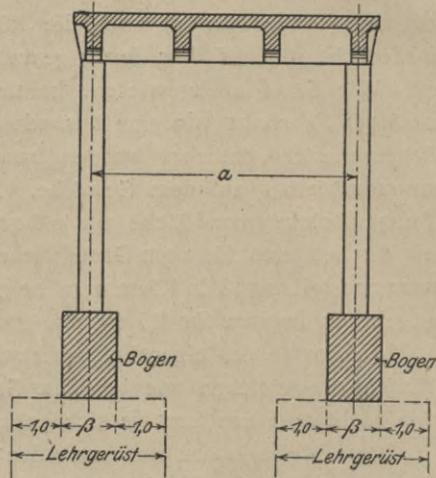


Abb. 13.

Zusammenstellung 18.

Kosten der Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln für 1 qm Grundfläche.

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Massen für 1 qm Grundfläche			Kosten für 1 qm Grundfläche					Gesamt- kosten M/qm	Bureau- un- kosten und Ver- dienst 20 vH. M/qm	Bau- un- kosten M/qm	An- gebot- kosten M/qm	
		Beton ebm	Scha- lung qm	Eisen- ein- lagen kg	Rüstung*) qm	Beton 24 M/cbm M	Schalung 2,40 M/qm M	Eisen- einlagen 0,16 M/kg M	Rüstung					
								Fahrbahn M	Gewölbe M					
20	3	0,95	3,2	59	0,8 + 1	22,80	7,70	9,50	2,40 [3,00]	7,00	49,40	9,90	2,00	61,30
30	3	1,07	3,4	66	0,8 + 1	25,70	8,20	10,60	2,40 [3,00]	10,00	56,90	11,40	2,00	70,30
40	4	1,20	3,9	76	0,8 + 1	28,80	9,40	12,20	2,80 [3,50]	15,00	68,20	13,60	2,00	83,80
50	4	1,38	4,1	84	0,8 + 1	33,10	9,80	13,40	4,00 [5,00]	20,00	80,30	16,10	2,00	98,40
60	5	1,58	4,4	93	0,8 + 1	38,00	10,60	14,90	5,60 [7,00]	25,00	94,10	18,80	2,00	114,90
70	5	1,82	4,7	101	0,8 + 1	43,70	11,30	16,20	7,20 [9,00]	30,00	109,00	21,80	2,00	132,80
80	6	2,14	5,2	110	0,8 + 1	51,40	12,50	17,60	9,60 [12,00]	38,00	129,10	25,80	2,00	156,90
90	6	2,50	5,6	120	0,8 + 1	60,00	13,40	19,20	12,00 [15,00]	45,00	144,60	28,90	2,00	175,50
100	6	2,97	6,2	130	0,8 + 1	71,30	14,90	20,80	16,00 [20,00]	55,00	178,00	35,60	2,00	215,60

*) Auf 1 qm Brückengrundfläche kommt (im Grundriß gemessen) 0,8 qm Schalgerüst der Fahrbahn und 1 qm Lehergerüst des Gewölbes.

Zusammenstellung 19.

Kosten der Überbauten mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband für 1 qm Grundfläche.

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Haupt- träger abstand a m	Massen für 1 qm Grundfläche							Kosten für 1 qm Grundfläche							Gesamt- kosten \mathcal{M}/qm	Bureau- kosten und Ver- dienst 20 v.H. \mathcal{M}/qm	Bau- un- kosten \mathcal{M}/qm	An- gebot- kosten \mathcal{M}/qm
			Schalung			Eisen- einlagen kg	Rüstung		Schalung			Eisen- einlagen $0,16 \mathcal{M}/kg$	Rüstung							
			Beton cbm	Fahr- bahn qm	Stützen und Quer- verbindungen qm		Bogen qm	Fahr- bahn qm	Bogen qm	Beton $2 \mathcal{M}/cbm$	Fahr- bahn $2 \mathcal{M}/qm$		Stützen $2,75 \mathcal{M}/qm$	Bogen $3,50 \mathcal{M}/qm$	Fahr- bahn \mathcal{M}	Bogen \mathcal{M}				
									\mathcal{M}	\mathcal{M}	\mathcal{M}	\mathcal{M}	\mathcal{M}	\mathcal{M}	\mathcal{M}/qm	\mathcal{M}/qm				
20	3	4	0,52	1,6	0,3	1,1	75	1,0	1,25 (5,0)	12,50	3,20	0,80	3,90	12,00	3,00	8,80	44,20	8,80	2,00	55,00
		6	0,49	1,7	0,3	0,8	74	1,0	0,83 (5,0)	11,80	3,40	0,80	2,80	11,80	3,00	5,80	39,40	7,90	2,00	49,30
		8	0,49	1,8	0,3	0,7	77	1,0	0,63 (5,0)	11,80	3,60	0,80	2,50	12,30	3,00	4,40 (7)	38,40	7,70	2,00	48,10
		10	0,51	1,8	0,3	0,6	88	1,0	0,50 (5,0)	12,20	3,60	0,80	2,10	14,10	3,00	3,50	39,30	7,90	2,00	49,20
30	3	4	0,63	1,6	0,5	1,3	92	1,0	1,30 (5,2)	15,10	3,20	1,40	4,60	14,70	3,00	13,00	55,00	11,00	2,00	68,00
		6	0,57	1,7	0,5	0,9	88	1,0	0,87 (5,2)	13,70	3,40	1,40	3,20	14,10	3,00	8,70	47,50	9,50	2,00	59,00
		8	0,58	1,8	0,5	0,8	92	1,0	0,65 (5,2)	13,90	3,60	1,40	2,80	14,70	3,00	6,50 (10)	45,90	9,20	2,00	57,10
		10	0,60	1,8	0,5	0,8	104	1,0	0,52 (5,2)	14,40	3,60	1,40	2,80	16,70	3,00	5,20	47,10	9,40	2,00	58,50
40	4	4	0,75	1,7	0,7	1,4	112	1,0	1,35 (5,4)	18,00	3,40	1,90	4,90	17,90	3,50	20,30	69,90	14,00	2,00	85,90
		6	0,67	1,7	0,7	1,1	104	1,0	0,90 (5,4)	16,10	3,40	1,90	3,90	16,70	3,50	13,50 (15)	59,00	11,80	2,00	72,80
		8	0,66	1,8	0,7	0,9	110	1,0	0,68 (5,4)	15,80	3,60	1,90	3,20	17,60	3,50	10,20	57,80	11,20	2,00	69,00
		10	0,68	1,8	0,7	0,9	125	1,0	0,54 (5,4)	16,30	3,60	1,90	3,20	20,00	3,50	8,10	56,60	11,30	2,00	69,90
50	4	4	0,88	1,7	0,9	1,7	128	1,0	1,40 (5,6)	21,10	3,40	2,50	6,00	20,50	5,00	28,00	68,50	17,30	2,00	105,80
		6	0,80	1,7	0,9	1,3	121	1,0	0,93 (5,6)	19,20	3,40	2,50	4,60	19,44	5,00	18,60 (20)	72,70	14,50	2,00	89,20
		8	0,77	1,8	0,9	1,1	123	1,0	0,70 (5,6)	18,50	3,60	2,50	3,90	19,70	5,00	14,00	67,20	13,40	2,00	82,60
		10	0,78	1,8	0,9	1,0	137	1,0	0,56 (5,6)	18,70	3,60	2,50	3,50	21,90	5,00	11,20	66,40	13,30	2,00	81,70
60	5	4	1,03	1,8	1,1	1,8	153	1,0	1,45 (5,8)	24,70	3,60	3,00	6,30	24,50	7,00	36,30	105,40	21,10	2,00	128,50
		6	0,95	1,8	1,1	1,5	147	1,0	0,97 (5,8)	22,80	3,60	3,00	5,30	23,50	7,00	34,30	99,50	19,90	2,00	121,40
		8	0,98	1,9	1,1	1,3	156	1,0	0,75 (5,8)	23,50	3,80	3,00	4,60	25,00	7,00	18,80 (25)	85,70	17,10	2,00	104,80
		10	0,96	1,9	1,1	1,2	170	1,0	0,60 (5,8)	23,00	3,80	3,00	4,20	27,20	7,00	15,00	83,20	16,60	2,00	101,80
70	5	4	1,28	1,8	1,3	2,1	184	1,0	1,55 (6,2)	30,70	3,60	3,60	7,40	29,50	9,00	46,50	130,30	26,10	2,00	158,40
		6	1,15	1,8	1,3	1,6	172	1,0	1,03 (6,2)	27,60	3,60	3,60	5,60	27,50	9,00	30,90 (30)	107,80	21,60	2,00	131,40
		8	1,12	1,9	1,3	1,5	175	1,0	0,78 (6,2)	26,90	3,80	3,60	5,30	28,00	9,00	23,40	100,00	20,00	2,00	122,00
		10	1,09	1,9	1,3	1,3	186	1,0	0,62 (6,2)	26,20	3,80	3,60	4,60	29,80	9,00	18,60	95,60	19,10	2,00	116,70
80	6	4	1,48	1,9	1,5	2,3	214	1,0	1,60 (6,4)	35,50	3,80	4,10	8,10	34,30	12,00	60,80	158,60	31,70	2,00	192,30
		6	1,35	1,9	1,5	1,8	204	1,0	1,07 (6,4)	32,40	3,80	4,10	6,30	32,60	12,00	40,70 (38)	131,90	26,40	2,00	160,30
		8	1,33	2,0	1,5	1,6	215	1,0	0,83 (6,4)	31,90	4,00	4,10	5,60	34,40	12,00	31,50	123,50	24,70	2,00	150,20
		10	1,30	2,0	1,5	1,5	227	1,0	0,66 (6,4)	31,20	4,00	4,10	5,30	36,40	12,00	25,10	118,10	23,60	2,00	143,70
90	6	4	1,79	1,9	1,7	2,7	265	1,0	1,65 (6,6)	43,00	3,80	4,70	9,50	42,40	15,00	74,20	192,60	38,50	2,00	233,10
		6	1,56	1,9	1,7	2,1	232	1,0	1,10 (6,6)	37,40	3,80	4,70	7,40	37,10	15,00	49,50 (45)	154,90	31,00	2,00	187,90
		8	1,53	2,0	1,7	1,8	238	1,0	0,85 (6,6)	36,70	4,00	4,70	6,30	38,10	15,00	38,20	143,00	28,60	2,00	173,60
		10	1,48	2,0	1,7	1,6	253	1,0	0,68 (6,6)	35,50	4,00	4,70	5,60	40,50	15,00	30,60	135,90	27,20	2,00	165,10
100	6	4	2,32	1,9	1,9	3,2	322	1,0	1,70 (6,8)	55,70	3,80	5,20	11,20	51,50	20,00	93,50	240,90	48,20	2,00	291,10
		6	2,00	1,9	1,9	2,5	281	1,0	1,13 (6,8)	48,00	3,80	5,20	8,80	45,00	20,00	62,20 (55)	193,00	38,60	2,00	233,60
		8	1,86	2,0	1,9	2,1	286	1,0	0,88 (7,0)	44,70	4,00	5,20	7,40	45,80	20,00	48,40	175,50	35,10	2,00	212,60
		10	1,77	2,0	1,9	1,9	293	1,0	0,70 (7,0)	42,50	4,00	5,20	6,70	46,90	20,00	38,50	163,80	32,80	2,00	198,60

Zusammen

Kosten der Überbauten mit einzelnen Bogen

Licht- weite l_0 m	Feld- weite λ m	Haupt- träger- abstand a m	Massen für 1 qm Grundfläche						
			Beton	Schalung			Eisen- einlagen	Rüstung	
				Fahrbahn und Zugband	Hänge- pfosten	Bogen		Fahr- bahn	Bogen
cbm	qm	qm	qm	kg	qm	qm			
20	3	4	0,54	1,7	0,3	1,1	123	1,0	0,50 (2,0)
		6	0,51	1,8	0,3	0,8	119	1,0	0,33 (2,0)
		8	0,51	1,9	0,3	0,7	119	1,0	0,25 (2,0)
		10	0,53	1,9	0,3	0,6	128	1,0	0,20 (2,0)
30	3	4	0,67	1,8	0,5	1,3	159	1,0	0,55 (2,2)
		6	0,61	1,9	0,5	0,9	151	1,0	0,37 (2,2)
		8	0,62	2,0	0,5	0,8	153	1,0	0,28 (2,2)
		10	0,64	2,0	0,5	0,8	165	1,0	0,22 (2,2)
40	4	4	0,81	2,0	0,7	1,4	207	1,0	0,60 (2,4)
		6	0,73	2,0	0,7	1,1	194	1,0	0,40 (2,4)
		8	0,72	2,1	0,7	0,9	198	1,0	0,30 (2,4)
		10	0,74	2,1	0,7	0,9	212	1,0	0,24 (2,4)
50	4	4	0,96	2,1	0,9	1,7	255	1,0	0,65 (2,6)
		6	0,88	2,1	0,9	1,3	242	1,0	0,43 (2,6)
		8	0,85	2,2	0,9	1,1	240	1,0	0,33 (2,6)
		10	0,86	2,2	0,9	1,0	251	1,0	0,26 (2,6)
60	5	4	1,13	2,3	1,1	1,8	341	1,0	0,70 (2,8)
		6	1,05	2,3	1,1	1,5	317	1,0	0,47 (2,8)
		8	1,08	2,4	1,1	1,3	318	1,0	0,38 (3,0)
		10	1,06	2,4	1,1	1,2	321	1,0	0,30 (3,0)
70	5	4	1,40	2,4	1,3	2,1	437	1,0	0,80 (3,2)
		6	1,24	2,4	1,3	1,6	390	1,0	0,53 (3,2)
		8	1,24	2,5	1,3	1,5	380	1,0	0,40 (3,2)
		10	1,21	2,5	1,3	1,3	384	1,0	0,32 (3,2)
80	6	4	1,61	2,6	1,5	2,3	534	1,0	0,85 (3,4)
		6	1,47	2,6	1,5	1,8	484	1,0	0,57 (3,4)
		8	1,47	2,7	1,5	1,6	470	1,0	0,45 (3,6)
		10	1,44	2,7	1,5	1,5	475	1,0	0,36 (3,6)
90	6	4	1,95	2,7	1,7	2,7	688	1,0	0,90 (3,6)
		6	1,72	2,7	1,7	2,1	575	1,0	0,60 (3,6)
		8	1,69	2,8	1,7	1,8	556	1,0	0,48 (3,8)
		10	1,64	2,8	1,7	1,6	558	1,0	0,38 (3,8)
100	6	4	2,50	2,8	1,9	3,2	874	1,0	0,95 (3,8)
		6	2,18	2,8	1,9	2,5	784	1,0	0,63 (3,8)
		8	2,04	2,9	1,9	2,1	723	1,0	0,50 (4,0)
		10	1,95	2,9	1,9	1,9	712	1,0	0,40 (4,0)

stellung 20.

trägern mit Zugband für 1 qm Grundfläche.

Beton 24 M für 1 cbm M	Kosten für 1 qm Grundfläche						Ge- samt- kosten M/qm	Bureau- unkosten und Ver- dienst 20 vH. M/qm	Bau- unkosten M/qm	Angebot- kosten M/qm
	Schalung			Eisen- ein- lagen 0,16 M für 1 kg M	Rüstung					
	Fahr- bahn 2 M für 1 qm M	Hänge- pfosten 2,75 M für 1 qm M	Bogen 3,50 M für 1 qm M		Fahr- bahn M	Bogen M				
13,00	3,40	0,80	3,90	19,70	10,00	2,00	52,80	10,60	2,00	65,40
12,20	3,60	0,80	2,80	19,00	10,00	1,30 (4)	49,70	10,00	2,00	61,70
12,20	3,80	0,80	2,50	19,00	10,00	1,00	49,30	10,00	2,00	61,30
12,70	3,80	0,80	2,10	20,50	10,00	0,80	50,70	10,10	2,00	62,80
16,10	3,60	1,40	4,60	25,40	12,00	2,80	65,90	13,20	2,00	81,10
14,60	3,80	1,40	3,20	24,20	12,00	1,90	61,10	12,20	2,00	75,30
14,90	4,00	1,40	2,80	24,50	12,00	1,40 (5)	61,00	12,20	2,00	75,20
15,40	4,00	1,40	2,80	26,40	12,00	1,10	63,10	12,60	2,00	77,70
19,40	4,00	1,90	4,90	33,20	14,00	3,60	81,00	16,20	2,00	99,20
17,50	4,00	1,90	3,90	31,00	14,00	2,40 (6)	74,70	12,90	2,00	89,60
17,30	4,20	1,90	3,20	31,70	14,00	1,80	74,10	14,80	2,00	90,90
17,80	4,20	1,90	3,20	33,90	14,00	1,40	76,40	15,30	2,00	93,70
23,10	4,20	2,50	6,00	40,80	16,00	4,60	97,20	19,40	2,00	118,60
21,10	4,20	2,50	4,60	38,70	16,00	3,00 (7)	90,10	18,00	2,00	110,10
20,40	4,40	2,50	3,90	38,40	16,00	2,30	87,90	17,60	2,00	107,50
20,60	4,40	2,50	3,50	40,20	16,00	1,80	89,00	17,80	2,00	108,80
27,10	4,60	3,00	6,30	54,60	20,00	7,00	122,60	24,50	2,00	149,10
25,20	4,60	3,00	5,30	50,70	20,00	4,70 (10)	113,50	22,70	2,00	138,20
25,90	4,80	3,00	4,60	50,90	20,00	3,80	113,00	22,60	2,00	137,60
25,40	4,80	3,00	4,20	51,40	20,00	3,00	111,80	22,40	2,00	136,20
33,60	4,80	3,60	7,40	70,00	25,00	10,40	154,80	31,00	2,00	187,80
29,80	4,80	3,60	5,60	62,40	25,00	6,90	138,10	27,60	2,00	167,70
29,80	5,00	3,60	5,30	60,80	25,00	5,20 (13)	134,70	26,90	2,00	163,60
29,00	5,00	3,60	4,60	61,50	25,00	4,20	132,90	26,60	2,00	161,50
38,90	5,20	4,10	8,10	85,50	30,00	13,60	185,40	37,10	2,00	224,50
35,30	5,20	4,10	6,30	77,50	30,00	9,10 (16)	167,50	33,50	2,00	203,00
35,30	5,40	4,10	5,60	75,20	30,00	7,20	162,80	32,60	2,00	197,40
34,60	5,40	4,10	5,30	76,00	30,00	5,80	161,20	32,20	2,00	195,40
46,80	5,40	4,70	9,50	110,00	35,00	18,00	229,40	45,90	2,00	277,30
41,30	5,40	4,70	7,40	92,00	35,00	12,00 (20)	197,80	39,60	2,00	239,40
40,60	5,60	4,70	6,30	89,00	35,00	9,60	190,80	38,20	2,00	231,00
39,40	5,60	4,70	5,60	89,30	35,00	7,60	186,80	37,40	2,00	226,20
60,00	5,60	5,20	11,20	139,90	40,00	23,70	286,40	57,30	2,00	345,70
52,30	5,60	5,20	8,80	125,40	40,00	15,70 (25)	253,00	50,60	2,00	305,60
49,00	5,80	5,20	7,40	115,70	40,00	12,50	235,60	47,10	2,00	284,70
46,80	5,80	5,20	6,70	114,00	40,00	10,00	228,50	45,70	2,00	276,20

Für $l_0 = 20$ m ist z. B.:

$$\beta = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{für } a = 4 \text{ m; } B_1 = \frac{2 \cdot 0,50 + 4}{4} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ qm}$$

$$\text{,, } a = 6 \text{ ,,; } B_1 = \frac{5}{6} = 0,83 \text{ ,,}$$

$$\text{,, } a = 8 \text{ ,,; } B_1 = \frac{5}{8} = 0,63 \text{ ,,}$$

$$\text{,, } a = 10 \text{ ,,; } B_1 = \frac{5}{10} = 0,50 \text{ ,,}$$

4. Überbauten mit einzelnen Bogenträgern mit Zugband.

Hierzu gehören hauptsächlich die Überbauten, deren beide Hauptträger ganz über der Fahrbahn liegen; die letztere ist angehängt und zu beiden Seiten von den Zugbändern gesäumt (Abb. 14). Da die letzteren die Bogenschübe aufnehmen, erhalten die Widerlager nur lotrechte Auflagerdrücke.

Die Hauptrüstung trägt ähnlich wie bei den Plattenbalkenbrücken die Fahrbahn. Da jedoch während der Ausführung der Bogen noch deren Last aufgenommen werden muß, ist die Rüstung entsprechend kräftig zu gestalten. Auf der durch die Hauptrüstung unterstützten, bereits fertiggestellten Fahrbahn sind die Lehrgerüste für die beiden Bogen aufzustellen.

Da für die Absteifung der lotrechten Schalbretter der Bogen (Breite = β) beiderseitig je 0,25 m ausreichen, ist die für jeden Bogen erforderliche Breite des Lehrgerüstes je $\beta + 0,50$ m.

Für beide Bogen ist nötig $B = 2 + 1$ m. Die Bogenbreiten sind der Zusammenstellung 13 zu entnehmen. Für B ergeben sich die in Zusammenstellung 20 in der Spalte für die Rüstung des Bogens eingeklammerten Werte. Aus diesen ist die für 1 qm Grundfläche nötige Rüstung

$$B_1 = \frac{B}{a} = \frac{2\beta + 1}{a}$$

zu bestimmen.

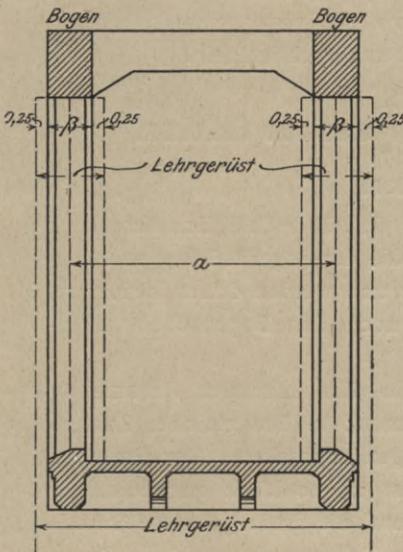


Abb. 14.

Für $l_0 = 20$ m ist z. B.:

$$\beta = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{für } a = 4 \text{ m; } B_1 = \frac{2 \cdot 0,50 + 1}{4} = \frac{2}{4} = 0,50 \text{ qm}$$

$$\text{,, } a = 6 \text{ ,, ; } B_1 = \frac{2}{6} = 0,33 \text{ ,,}$$

$$\text{,, } a = 8 \text{ ,, ; } B_1 = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ ,,}$$

$$\text{,, } a = 10 \text{ ,, ; } B_1 = \frac{2}{10} = 0,20 \text{ ,,}$$

Die Einheitspreise sind im allgemeinen die gleichen wie vorher.

Der Preis für die Fahrbahnrüstung ist höher einzusetzen als bei den Plattenbalkenbrücken, da die Belastungen höhere sind.

Die Bogenrüstung hingegen, die leicht gestaltet werden kann, ist mit einem Preis von 4 bis 25 Mark für 1 qm Grundfläche (siehe eingeklammerte Zahlen in Zusammenstellung 20) eingeführt. Hierbei sollen jedoch die kleineren Zwischenrüstungen für die Windverstreben bzw. Querverbindungen der beiden Bogen mit berücksichtigt sein.

C. Kosten der Widerlager der eisernen Brücken.

I. Allgemeines.

Die Widerlager der eisernen Brücken sind überschläglich berechnet. Die Widerlager der Balkenbrücken sowie die der Bogenbrücken mit Zugband erhalten nur lotrechte Auflagerkräfte und werden daher kleiner als die Widerlager der Bogenbrücken, die noch den Bogenschub aufzunehmen haben.

Die Massen der Widerlager sind in den folgenden Zusammenstellungen zugleich mit den Kosten bestimmt; in den gleichen Zahlentafeln sind auch die ermittelten Abmessungen angegeben. Der Preis für 1 cbm fertigen Beton der Widerlager ist zu 20 Mark angenommen; Schwankungen in diesem Preise haben auf die Endergebnisse keinen Einfluß, umso mehr, als sowohl die eisernen Brücken als auch die Eisenbetonbrücken hiervon betroffen werden.

In den nachstehenden Zusammenstellungen ist auch, soweit es die Bogenbrücken betrifft, die ständige Belastung des Überbaues (in der zweiten Spalte) angegeben, und zwar sowohl bei den Brücken in Eisen als auch in Eisenbeton.

Diese Angaben gestatten bemerkenswerte Schlüsse auf die Zweckmäßigkeit des betreffenden Überbaues sowie auf die Ausführbarkeit seiner Widerlager, insbesondere unter Vergleich von Eisen und Eisenbeton.

Zusammenstellung 21.

**Massen und Kosten der Widerlager der Balkenbrücken
aus Eisen und Eisenbeton.**

Licht- weite l_0 m	Stütz- weite l m	Abmessungen			Beton		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 M/cbm M
		Höhe h m	Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	im ganzen cbm	für 1 qm Grundfläche cbm	
4	4,4	6,5	0,6	2,5	21	4,8	96,00
6	6,6	6,5	0,6	2,5	21	3,2	64,00
8	8,6	6,5	0,6	2,5	21	2,5	50,50
10	10,7	6,5	0,8	2,7	23	2,2	44,00
12	12,8	6,5	0,8	2,7	23	1,8	36,00
14	14,8	6,5	0,8	2,7	23	1,6	32,00
16	16,9	6,5	1,0	2,9	26	1,5	30,00
18	19,0	6,5	1,0	2,9	26	1,4	28,00
20	21,0	6,5	1,0	2,9	26	1,3	26,00

Zusammenstellung 22.

Massen und Kosten der Widerlager der eisernen Bogenbrücken ohne Zugband.

Licht- weite l_0 m	Stän- dige Be- lastung g t/qm	Abmessungen							Beton		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 M/cbm M	
		des Widerlagers					der Futtermauer			im ganzen cbm		für 1 qm Grund- fläche cbm
		Länge w m	Höhen			Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	Mittlere Höhe h m				
			y m	z m	u m							
20	0,7	4,5	1,5	5,0	4,0	0,5	1,0	2,5	34	1,70	34,00	
30	0,7	5,0	1,5	6,0	4,5	0,7	1,8	4,5	49	1,63	32,60	
40	0,8	5,0	1,5	7,0	5,0	1,0	2,3	5,8	62	1,55	31,00	
50	0,8	6,0	1,5	7,3	5,0	1,0	2,9	7,3	81	1,62	32,40	
60	0,8	6,5	1,5	8,0	5,0	1,2	3,5	9,0	104	1,74	34,80	
70	0,8	8,0	2,0	8,6	5,5	1,2	4,1	10,4	141	2,02	40,40	
80	0,9	9,0	2,5	10,0	6,0	1,5	4,8	12,0	188	2,35	47,00	
90	0,9	11,0	2,5	11,0	6,5	1,5	5,4	13,5	242	2,69	53,80	
100	0,9	14,0	3,5	11,5	7,0	1,5	6,0	15,0	322	3,22	64,40	

Zusammenstellung 23.

Massen und Kosten der Widerlager der eisernen Bogenbrücken mit Zugband.

Licht- weite l_0 m	Stän- dige Be- lastung g t/qm	Abmessungen				Masse		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 M/cbm M
		Höhe h m	Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	Sohlen- breite b_3 m	im ganzen cbm	für 1 qm Grund- fläche cbm	
20	0,7	6,5	1,0	2,4	2,8	26	1,30	26,00
30	0,7	6,5	1,0	2,5	3,0	27	0,90	18,00
40	0,8	7,0	1,2	2,8	3,3	33	0,83	16,60
50	0,8	7,0	1,4	3,0	3,5	36	0,72	14,40
60	0,9	7,0	1,6	3,5	4,0	42	0,70	14,00
70	0,9	7,5	2,0	3,5	4,0	48	0,69	13,80
80	0,9	7,5	2,0	4,0	4,5	53	0,66	13,20
90	1,0	8,0	2,5	4,0	4,5	60	0,67	13,40
100	1,0	9,0	3,0	4,5	5,0	78	0,78	15,60

Zusammenstellung 22.

Massen und Kosten der Widerlager der eisernen Bogenbrücken ohne Zugband.

Licht- weite l_0 m	Stän- dige Be- lastung g t/qm	Abmessungen							Beton		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 M/cbm M
		des Widerlagers				der Futtermauer			im ganzen cbm	für 1 qm Grund- fläche cbm	
		Länge w m	Höhen			Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	Mittlere Höhe h m			
			y m	z m	u m						
20	0,7	4,5	1,5	5,0	4,0	0,5	1,0	2,5	34	1,70	34,00
30	0,7	5,0	1,5	6,0	4,5	0,7	1,8	4,5	49	1,63	32,60
40	0,8	5,0	1,5	7,0	5,0	1,0	2,3	5,8	62	1,55	31,00
50	0,8	6,0	1,5	7,3	5,0	1,0	2,9	7,3	81	1,62	32,40
60	0,8	6,5	1,5	8,0	5,0	1,2	3,5	9,0	104	1,74	34,80
70	0,8	8,0	2,0	8,6	5,5	1,2	4,1	10,4	141	2,02	40,40
80	0,9	9,0	2,5	10,0	6,0	1,5	4,8	12,0	188	2,35	47,00
90	0,9	11,0	2,5	11,0	6,5	1,5	5,4	13,5	242	2,69	53,80
100	0,9	14,0	3,5	11,5	7,0	1,5	6,0	15,0	322	3,22	64,40

Zusammenstellung 23.

Massen und Kosten der Widerlager der eisernen Bogenbrücken mit Zugband.

Licht- weite l_0 m	Stän- dige Be- lastung g t/qm	Abmessungen				Masse		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 M/cbm M
		Höhe h m	Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	Sohlen- breite b_3 m	im ganzen cbm	für 1 qm Grund- fläche cbm	
20	0,7	6,5	1,0	2,4	2,8	26	1,30	26,00
30	0,7	6,5	1,0	2,5	3,0	27	0,90	18,00
40	0,8	7,0	1,2	2,8	3,3	33	0,83	16,60
50	0,8	7,0	1,4	3,0	3,5	36	0,72	14,40
60	0,9	7,0	1,6	3,5	4,0	42	0,70	14,00
70	0,9	7,5	2,0	3,5	4,0	48	0,69	13,80
80	0,9	7,5	2,0	4,0	4,5	53	0,66	13,20
90	1,0	8,0	2,5	4,0	4,5	60	0,67	13,40
100	1,0	9,0	3,0	4,5	5,0	78	0,78	15,60

II. Balkenbrücken.

Die Massen und Kosten der Widerlager der eisernen Balkenbrücken bis 20 m Lichtweite sind in Zusammenstellung 21 ermittelt. Über die Bestimmung der Abmessungen, deren Bezeichnung aus Abb. 15 hervorgeht, wurde bereits vorher das nötige gesagt; die Höhenmaße sind für alle Widerlager gleich angenommen, die Gesamthöhe von Widerlager-sole bis Unterkante Balken beträgt $h = 6,5$ m.

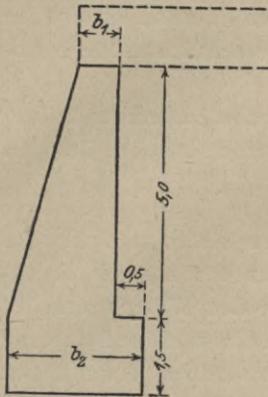


Abb. 15.

III. Bogenbrücken.

1. Bogenbrücken ohne Zugband.

Die Bezeichnung der Hauptabmessungen der Widerlager zeigt Abb. 16. Mit diesen sind in Zusammenstellung 22 die Massen und aus den letzteren die Kosten bestimmt. Außer den eigentlichen Widerlagern sind noch die Futtermauern über denselben zu berücksichtigen, welche das Erdreich gegen die Eisenkonstruktion abschließen.

Die theoretische Kämpferhöhe über Gelände ist überall zu 2,5 m angenommen.

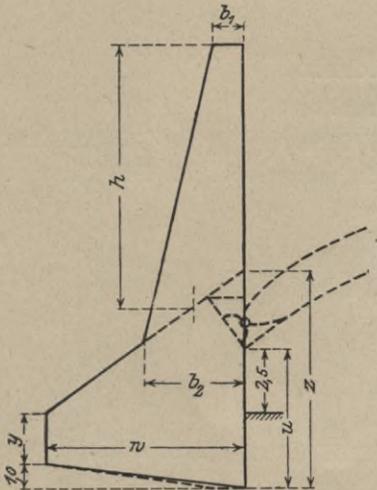


Abb. 16.

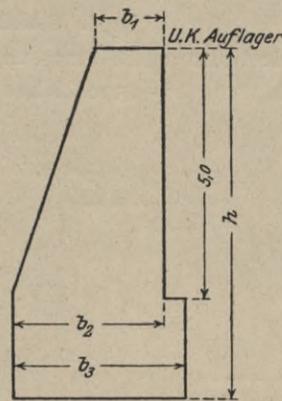


Abb. 17.

2. Bogenbrücken mit Zugband.

Äußerlich stellen diese Brücken Balkenbrücken dar und ergeben daher kleinere Widerlager als die vorherigen Brücken. Die Massen und Kosten sind in Zusammenstellung 23 ermittelt.

Die Bezeichnungen der Abmessungen zeigt Abb. 17. Die Höhe von Gelände bis Unterkante Auflager ist überall zu 5 m angenommen.

D. Kosten der Widerlager der Eisenbetonbrücken.

I. Allgemeines.

Auch die Widerlager der Eisenbetonbrücken sind überschläglich berechnet, und zwar unter denselben Annahmen wie die der eisernen Brücken.

Infolge des hohen Eigengewichts der massiven Überbauten ergeben sich, insbesondere bei den großen Spannweiten, wesentlich größere Abmessungen als bei den eisernen Brücken.

Die Massen und Kosten sind in den nachstehenden Zusammenstellungen ermittelt. Im übrigen gilt das S. 84 bei den eisernen Brücken Gesagte.

II. Balkenbrücken.

Für die Widerlager der Plattenbalkenbrücken bis 20 m Lichtweite ergeben sich zufolge Vergleichsberechnungen trotz des höheren Eigengewichts etwa die gleichen Abmessungen wie bei den Widerlagern der eisernen Balkenbrücken, da bei diesen Spannweiten die ständige Belastung des Überbaues auf die Größe der Widerlager noch keinen wesentlichen Einfluß auszuüben pflegt. Es können daher die in Zusammenstellung 21 für die Widerlager der eisernen Balkenbrücken ermittelten Kosten auch hier als gültig angenommen werden.

III. Bogenbrücken.

1. Gewölbe mit Überschüttung.

Die Form und Abmessungen der Widerlager für die Gewölbe mit Überschüttung bis 15 m Lichtweite (einschl.) zeigt Abb. 18. Die Kämpfer

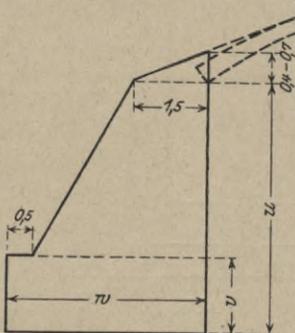


Abb. 18.

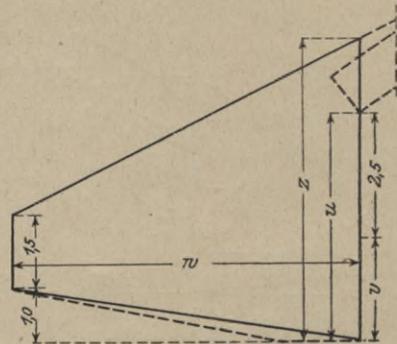


Abb. 19.

müssen wegen des erforderlichen Durchfahrtsquerschnitts höher als bei den Gewölben größerer Spannweite angenommen werden.

Von 20 m Lichtweite ab sind die Widerlager in der in Abb. 19 dargestellten Form gedacht.

Zusammenstellung 24.

Massen und Kosten der Widerlager der Gewölbe mit Überschüttung.

Licht- weite l_0 m	Ständige Belastung g t/qm	Abmessungen				Massen		Kosten für 1 qm 20 M/cbm M
		Länge w m	Höhen			im ganzen cbm	für 1 qm Grund- fläche cbm	
			z m	u m	v m			
5	1,6	3,0	5,9	5,5	1,5	24	4,80	96,00
10	2,1	4,0	5,5	5,0	1,5	29	2,90	58,00
15	3,0	4,5	5,2	4,5	1,5	32	2,13	42,60
20	3,7	5,0	5,0	4,0	1,5	34	1,70	34,00
25	4,4	6,0	5,5	4,5	2,0	43	1,72	34,40
30	5,0	7,0	6,0	4,5	2,0	52	1,73	34,60
35	5,8	8,0	6,5	5,0	2,5	64	1,83	36,60
40	6,5	9,0	7,0	5,0	2,5	76	1,90	38,00
50	7,8	10,0	7,5	5,0	2,5	95	1,90	38,00
60	9,2	12,0	8,0	5,0	2,5	114	1,90	38,00

Zusammenstellung 25.

Massen und Kosten der Widerlager der Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln.

Licht- weite l_0 m	Stän- dige Be- lastung g t/qm	Abmessungen							Beton		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 M/cbm M
		des Widerlagers				der Futtermauer			im ganzen cbm	für 1 qm Grund- fläche cbm	
		Länge w m	Höhen			Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	Mittlere Höhe h m			
			y m	z m	u m						
20	2,7	6,0	1,5	5,0	4,0	0,5	1,0	2,5	44	2,20	44,00
30	3,0	7,5	1,5	6,0	4,5	0,7	1,8	4,5	68	2,27	45,40
40	3,3	9,0	1,5	7,0	5,0	1,0	2,3	5,8	94	2,35	47,00
50	3,7	10,0	1,5	7,3	5,0	1,0	2,9	7,3	120	2,40	48,00
60	4,2	11,0	1,5	8,0	5,0	1,2	3,5	9,0	147	2,45	49,00
70	4,8	13,0	2,0	8,6	5,5	1,2	4,2	10,4	194	2,77	55,40
80	5,6	15,0	2,5	10,0	6,0	1,5	4,8	12,0	263	3,29	65,80
90	6,4	18,0	2,5	11,0	6,5	1,5	5,4	13,5	336	3,74	74,80
100	7,6	22,0	3,5	11,5	7,0	1,5	6,0	15,0	442	4,42	88,40

Zusammenstellung 26.

Massen und Kosten der Widerlager der Eisenbetonbrücken mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband.

Licht- weite l_0 m	Stän- dige Be- lastung g t/qm	Abmessungen							Beton		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 \mathcal{M} /cbm \mathcal{M}	
		des Widerlagers					der Futtermauer			im ganzen cbm		für 1 qm Grund- fläche cbm
		Länge w m	Höhe				Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	Mittlere Höhe h m			
			y m	z m	u m							
20	1,6	5,3	1,5	5,0	4,0	0,5	1,0	2,5	40	2,00	40,00	
30	1,9	6,2	1,5	6,0	4,5	0,7	1,8	4,5	58	1,94	38,80	
40	2,1	7,0	1,5	7,0	5,0	1,0	2,3	5,8	79	1,98	39,60	
50	2,4	8,0	1,5	7,3	5,0	1,0	2,9	7,3	99	1,98	39,60	
60	2,8	9,0	1,5	8,0	5,0	1,2	3,5	9,0	128	2,14	42,80	
70	3,3	11,0	2,0	8,6	5,5	1,2	4,1	10,4	173	2,49	49,80	
80	3,8	13,0	2,5	10,0	6,0	1,5	4,8	12,0	238	2,98	59,60	
90	4,4	15,5	2,5	11,0	6,5	1,5	5,4	13,5	302	3,36	67,20	
100	5,2	19,0	3,5	11,5	7,0	1,5	6,0	15,0	398	3,98	79,60	

Zusammenstellung 27.

Massen und Kosten der Widerlager der Eisenbetonbrücken mit einzelnen Bogenträgern mit Zugband.

Licht- weite l_0 m	Stän- dige Be- lastung g t/qm	Abmessungen				Masse		Kosten für 1 qm Grund- fläche 20 \mathcal{M} /cbm \mathcal{M}
		Höhe h m	Obere Breite b_1 m	Untere Breite b_2 m	Sohlen- breite b_3 m	im ganzen cbm	für 1 qm Grund- fläche cbm	
20	1,7	6,5	1,0	2,5	3,0	26	1,30	26,00
30	2,0	6,5	1,0	2,5	3,3	28	0,93	18,60
40	2,3	7,0	1,2	2,5	3,5	34	0,85	17,00
50	2,5	7,0	1,4	3,5	4,5	40	0,80	16,00
60	3,0	7,0	1,6	3,8	4,8	46	0,77	15,40
70	3,6	7,5	2,0	4,0	5,0	55	0,79	15,80
80	4,0	7,5	3,0	4,5	6,0	68	0,85	17,00
90	4,7	8,0	4,0	5,0	7,0	90	1,00	20,00
100	5,7	9,0	4,0	6,0	10,0	130	1,30	26,00

Die Höhe z reicht vom tiefsten Punkt des Widerlagers bis zum höchsten Punkt desselben. Die Höhe u reicht vom tiefsten Punkt bis zum Kämpferpunkt. Der letztere ist, wie bei den eisernen Bogenbrücken, 2,5 m über dem Gelände angenommen. Die Tiefe, bis zu welcher das Widerlager unter das Gelände reicht, ist v . Die Massen und Kosten sind in Zusammenstellung 24 ermittelt, und zwar, wie schon früher erwähnt, bis 60 m Lichtweite.

2. Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln.

Form und Abmessungen der Widerlager zeigt Abb. 20. Bei Berechnung der Massen sind auch die Futtermauern über den Widerlagern zu berücksichtigen, da diese zum Abschluß des Erdreichs gebraucht werden.

Die Massen und Kosten sind in Zusammenstellung 25 ermittelt.

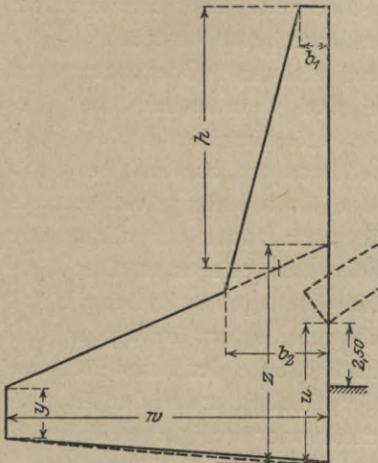


Abb. 20.

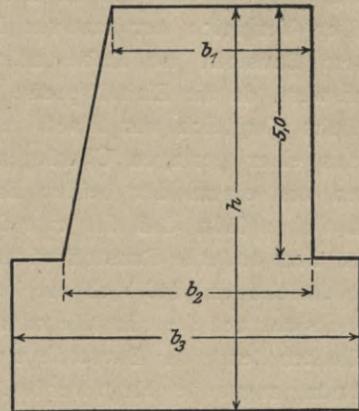


Abb. 21.

3. Brücken mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband.

Die Form der Widerlager sowie die Bezeichnung der Abmessungen sind die gleichen wie vorher, so daß auf Abb. 20 verwiesen werden kann. Die Massen und Kosten sind in Zusammenstellung 26 bestimmt.

4. Brücken mit einzelnen Bogenträgern mit Zugband.

Die Form der Widerlager für Brücken bis 80 m Lichtweite einschließlich zeigt Abb. 17. Die Höhe von Gelände bis Unterkante Auflager ist überall zu 5 m angenommen. Von 90 bis 100 m Lichtweite müssen die Widerlager die in Abb. 21 dargestellte Form erhalten, da wegen der Bodenpressung eine bestimmte Sohlenbreite erforderlich ist.

Die Massen und Kosten sind in Zusammenstellung 27 ermittelt.

Vierter Abschnitt.

**Kostenvergleich und Schlußfolgerungen.
Zusammenfassung der Ergebnisse.****A. Kostenvergleich und Schlußfolgerungen.****I. Allgemeines und Unterhaltungskosten.**

Der Kostenvergleich soll über die wirtschaftliche Überlegenheit der einen oder anderen zu vergleichenden Brückenarten Aufschluß geben, sei es, daß die Überbauten aus dem gleichen oder aus verschiedenem Baustoff, also entweder aus Eisen oder aus Eisenbeton bestehen.

Der Vergleich der ersteren Brücken, also mit Überbauten aus gleichem Baustoff, ist insbesondere bei den Eisenbetonbrücken bemerkenswert, da die Einheitspreise der Baustoffe dieselben sind.

Beim Vergleich von Eisen und Eisenbeton ist zu beachten, daß sich aus einer geringen Überlegenheit der Kosten für gleichgeartete Brücken aus einem der beiden Baustoffe noch nicht der allgemeine Schluß ziehen läßt, daß der eine der beiden Baustoffe unter allen Umständen dem anderen Baustoff wirtschaftlich überlegen ist. Denn es ist zu berücksichtigen, daß sich die Vergleichswerte sofort ändern, sobald mit Rücksicht auf die günstige oder ungünstige Lage der Baustelle, den vorteilhaften Bezug der Baustoffe usw. andere Einheitspreise der Kostenberechnung zugrunde gelegt werden. Bei mehr oder weniger erheblichen Kostenunterschieden können sich also unter Umständen die Verhältnisse umkehren.

Werden die Einheitspreise der Zusammenstellungen 14 u. 15, insbesondere aber der Zusammenstellungen 16 bis 20, beachtet, so ist zu erkennen, daß bei geringen Änderungen sofort Verschiebungen der Angebotskosten von 10 bis 20 vH. und mehr eintreten müssen. Es spielt also die Marktlage da eine wesentliche Rolle.¹⁾ In geringerem Maße lassen sich endlich bei genauerer Durcharbeitung des Entwurfs die Baustoffmengen und damit abermals die Kosten ändern.

Nach dem Gesagten kann also die Frage der Wirtschaftlichkeit der Brücke aus Eisen und Eisenbeton nicht dahin beantwortet werden, daß die eine Bauart unter für beide Baustoffe gleichen Baubedingungen

¹⁾ Die den Kostenberechnungen zugrunde gelegten Preise (Baustoffpreise, Arbeitslöhne usw.) entsprechen etwa der in den letzten Jahren vor Kriegsausbruch bestandenen Marktlage (vergl. auch das Vorwort).

der anderen wirtschaftlich unbedingt überlegen ist, sondern es kann nur ausgesprochen werden, daß sie in der Regel überlegen sein wird oder unter gewissen Annahmen überlegen sein kann.

Ferner genügt es nicht, die Neubaukosten allein, die unter den angegebenen Voraussetzungen ermittelt sind, zu vergleichen, sondern es sind auch die Lebensdauer bzw. die zur Unterhaltung des Bauwerks nötigen Aufwendungen in Betracht zu ziehen.

Stillschweigend wird vorausgesetzt, daß sich die Unterhaltungskosten lediglich auf den Überbau beziehen, da sie für die aus gleichem Baustoff bestehenden massiven Unterbauten beider Brückenarten annähernd gleich Null gesetzt werden können.

Die Unterhaltungskosten der Eisenbetonüberbauten können im Vergleich zu den eisernen Überbauten ebenfalls annähernd gleich Null gesetzt werden.

Die Unterhaltungskosten der letzteren erstrecken sich hauptsächlich auf die Erneuerung des Deckanstrichs, kleinere Ausbesserungsarbeiten, wie Erneuerung locker gewordener Niete usw.,¹⁾ ferner auf die Reisekosten der prüfenden Beamten.

Der Anstrich ist durchschnittlich alle vier bis sechs Jahre zu erneuern. Setzt man seine Dauer auf vier Jahre an, wobei die Kosten für kleinere Ausbesserungsarbeiten sowie für Reisen des prüfenden Beamten mit berücksichtigt sein sollen, so können die Unterhaltungskosten der eisernen Brücken, in Hundertteilen der Neubaukosten, wie die nachstehenden Erörterungen zeigen, ermittelt werden.

Das Gewicht des eisernen Überbaues sei für 1 qm Brückengrundfläche mit g bezeichnet und der Durchschnittspreis des Eisentragwerks soll entsprechend Zusammenstellung 15 für 100 kg 32,50 Mark betragen.

Die Anstrichkosten können zu 0,70 Mark für 100 kg Eisentragwerk angenommen werden.

Somit sind für die Unterhaltung des eisernen Überbaues alle vier Jahre

$$\frac{g}{100} \cdot 0,70 = 0,07 g$$

oder jährlich

$$\frac{g}{4 \cdot 100} \cdot 0,70 = 0,00175 g \text{ Mark}$$

aufzuwenden.

Die Kosten des eisernen Überbaues betragen für 1 qm Grundfläche

$$\frac{g}{100} \cdot 32,50 = 0,325 g \text{ Mark.}$$

¹⁾ Verstärkungsarbeiten sind nicht zu den Unterhaltungskosten zu rechnen.

Die Anstrichkosten ergeben sich dann in Hundertteilen der Neubaukosten zu

$$p = \frac{0,00175 g \cdot 100}{0,325 g} = 0,54 \text{ vH.}$$

Bedeutet nun:

K das Neubaukapital,

z den ortsüblichen Zinsfuß,

p den Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten (= 0,54 vH.),

n die Anzahl der Jahre, die das Bauwerk nach seinem Neubau stehen kann (Lebensdauer),

dann ist die gesamte Baulast:¹⁾

$$X = K + \frac{p}{z} \cdot K + \frac{K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n - 1}$$

Der erste Summand bezeichnet, wie schon angegeben, das Neubaukapital. Der zweite Summand bedeutet die kapitalisierten jährlichen Unterhaltungskosten. Der dritte Summand stellt den kapitalisierten Erneuerungsfonds dar, d. h. den Betrag, der n Jahre auf Zinseszins angelegt sowohl das Neubaukapital als auch noch einen Überschuß ergibt, aus dem durch Zinseszins abermals nach n Jahren bis in alle Ewigkeit immer wieder das Neubaukapital gewonnen werden kann.

Der letzte Summand fällt für den Kostenvergleich zwischen Eisen und Eisenbeton fort, wenn die Lebensdauer für beide Baustoffe gleich angenommen wird, da für den Erneuerungsfonds das Neubaukapital um den gleichen Prozentsatz zu erhöhen ist.

Die Lebensdauer für eiserne Brücken soll $n = 100$ Jahre, die für Eisenbetonbrücken, da noch keine Erfahrungen vorliegen, nur $n = 125$ Jahre und der ortsübliche Zinsfuß $z = 4$ vH. betragen; dann ergibt sich die Baulast

a) für eiserne Brücken:

$$\begin{aligned} X &= K + \frac{0,54}{4} K + \frac{1}{1,04^{100} - 1} K \\ &= K + 0,14 K + \frac{1}{49} K \\ &= 1,16 K; \end{aligned}$$

b) für Eisenbetonbrücken:

$$\begin{aligned} X &= K + 0 + \frac{1}{1,04^{125} - 1} K \\ &= K + \frac{1}{133} K \\ &= 1,01 K. \end{aligned}$$

¹⁾ Vergl. Tolkmitt-Guth, Bauaufsicht und Bauführung, Teil III, 4. Aufl. 1908, S. 14. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Die Baulast der eisernen Brücken ist somit um $0,15 K$ größer als die der Eisenbetonbrücken, d. h. die Neubaukosten der eisernen Brücken sind beim Kostenvergleich um **15 vH.** höher einzusetzen als die der Eisenbetonbrücken.

In den nachstehend durchgeführten Kostenvergleichen sind dementsprechend zu den Kosten der eisernen Überbauten 15 vH. für Unterhaltungskosten zugeschlagen worden.

II. Balkenbrücken.

Die Kosten der Balkenbrücken in Eisen und Eisenbeton sind bis 20 m Lichtweite in Zusammenstellung 28 bestimmt. Der unmittelbare Vergleich der Preise sowie auch die zeichnerische Darstellung (Abb. 22) lassen erkennen, daß die Eisenbetonbalkenbrücken (Plattenbalkenbrücken)

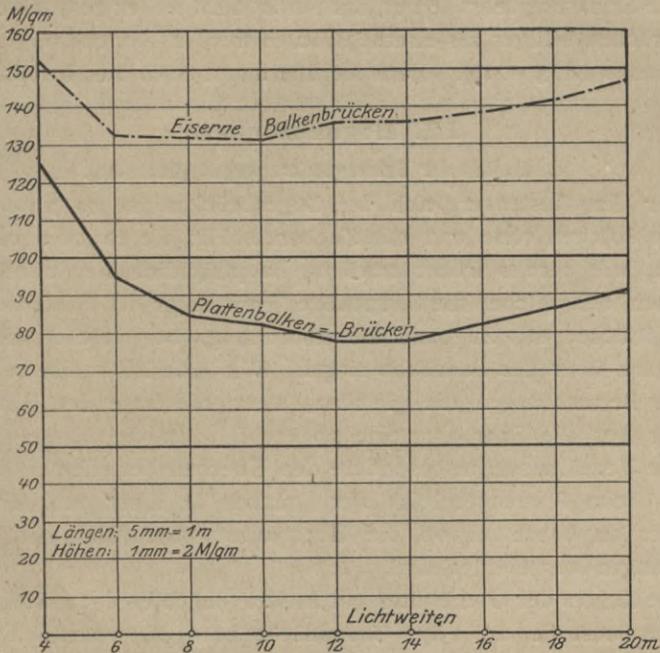


Abb. 22.

Kostenvergleich der Balkenbrücken.

den eisernen Brücken wirtschaftlich fast stets überlegen sind. Auch bei höheren Einheitspreisen für Beton, Schalung und Eiseneinlagen würde sich diese Tatsache kaum ändern. Da die Kosten für die Überbauten beider Brückenarten in der Regel gleich angenommen werden können, genügt es, nur die Überbauten zu vergleichen.

Selbst wenn die Unterhaltungskosten der eisernen Brücken nicht in Betracht gezogen werden, wird der Vergleich zugunsten der Eisenbetonbrücken ausfallen. Die eisernen Überbauten werden sich auch dann noch teurer stellen, wenn ihre Kosten nicht mit 30 Mark, sondern nur mit 25 Mark für 100 kg, also um 17 vH. billiger eingeführt werden.

Es läßt sich somit für Balkenbrücken die Behauptung aufstellen, daß sie bis 20 m Lichtweite in Eisenbeton fast immer wohlfeiler als in Eisen werden, und zwar um etwa 30 bis 35 vH. Dasselbe läßt sich auch ohne weiteres von anderen Arten Eisenbetonbalkenbrücken, wie Brücken mit einzelnen Hauptträgern und versenkter Fahrbahn (Vollwand- und Fachwerkbalken, Vierendeelträger) usw., sagen, da, wie sich leicht übersehen läßt, die Massen sowie die sonstigen Verhältnisse für solche Überbauten nicht viel anders ausfallen werden.

Die Erfahrung lehrt ferner, daß selbst noch weiter gespannte Plattenbalkenbrücken billiger als eiserne Brücken werden können (vergl. Tafel III des Anhangs Nr. 5 u. 16), sofern sie überhaupt noch ausführbar sind.

III. Bogenbrücken.

1. Einfluß der Gehwegauskragungen (Konsolen).

Für den Kostenvergleich der Bogenbrücken ist zu unterscheiden zwischen solchen ohne und mit Zugband. Für die Brücken ohne Zugband ist, wie bereits früher erwähnt, hauptsächlich die Anordnung angenommen, bei welcher die Hauptträger ganz unter der Fahrbahn liegen, für die Brücken mit Zugband die Anordnung, bei welcher die Hauptträger ganz über der Fahrbahn liegen. Wie sich leicht übersehen läßt, sind die Betrachtungen die gleichen, wenn die Lage der Hauptträger in bezug auf die Fahrbahn eine andere ist, da die Massen und die sonstigen Verhältnisse, insbesondere den Überbau betreffend, sich wenig ändern. Beim Kostenvergleich der Brücken in Eisen und Eisenbeton ist ferner zu beachten, ob die Überbauten ohne oder mit Gehwegauskragungen ausgebildet sind.

Die Kosten der Überbauten mit Auskragungen ergeben sich natürlich für beide Baustoffe, auf 1 qm Grundfläche bezogen, wesentlich geringer (etwa 15 vH.) als die Kosten der Überbauten ohne Auskragungen, da sie sich auf eine größere Brückenbreite ($b = a + 2c$)¹⁾ verteilen, wobei nur die Kosten der Auskrragung selbst (etwa 25 bis 30 Mark für 1 qm Grundfläche der Auskrragung) und die Zusatzkosten für die Hauptträger infolge der größeren Belastung hinzukommen. Die Kosten der Widerlager bleiben

¹⁾ b = Abstand zwischen den Geländerinnenkanten, a = Abstand von Mitte zu Mitte Hauptträger, c = Gehwegauskrragung, d. i. Abstand von Mitte Hauptträger bis Innenkante Geländer.

Zusammenstellung 28.

Kostenvergleich der Balkenbrücken aus Eisen und Eisenbeton.

Licht- weite l_0 m	Kosten der eisernen Brücken für 1 qm Grundfläche				Kosten der Eisenbetonbrücken für 1 qm Grundfläche		
	Überbau <i>M</i>	Unter- haltung 15 vH. <i>M</i>	Unterbau <i>M</i>	Insgesamt <i>M</i>	Überbau <i>M</i>	Unterbau <i>M</i>	Insgesamt <i>M</i>
4	50	8	96	154	29	96	125
6	60	9	64	133	31	64	95
8	70	11	51	132	34	51	85
10	75	12	44	131	39	44	83
12	87	13	36	136	42	36	78
14	90	14	32	136	46	32	78
16	95	14	30	139	53	30	83
18	99	15	28	142	59	28	87
20	105	16	26	147	66	26	92

jedoch fast die gleichen, ob Auskragungen vorhanden sind oder nicht, da die kleinere Belastung derselben (Eigen- und Nutzlast) gegenüber der Fahrbahn auf die Widerlager nur geringen Einfluß ausübt, d. h. da die statisch ermittelten Abmessungen in beiden Fällen etwa die gleichen sein werden. Die Länge der Widerlager wird immer ungefähr der Brückenbreite entsprechen.

Nach den vorangegangenen Erörterungen genügt es somit für den Kostenvergleich, nur Brücken ohne Auskragungen zu betrachten. Aus den für diese ermittelten Kosten lassen sich leicht Schlüsse auf die Brücken mit Auskragungen ziehen, da die Kosten der letzteren für 1 qm Grundfläche, wie bereits angedeutet, um etwa 15 vH. niedriger angenommen werden können.

Die weiteren Betrachtungen sollen für Brücken ohne und mit Zugband getrennt angestellt werden.

2. Brücken ohne Zugband.

Die Kosten für die in Frage kommenden eisernen Brücken und Eisenbetonbrücken (Gewölbe mit Überschüttung und mit aufgelösten Zwickeln, Brücken mit einzelnen Bogenträgern) ohne Zugband sind in Zusammenstellung 29 auf Grund der vorhergegangenen Kostenermittlungen angegeben. Ebenso sind sie zeichnerisch in Abb. 23 dargestellt. Diese Schaulinie läßt insbesondere erkennen, daß unter den gemachten Annahmen der Einheitspreise die Grenze der größeren Wirtschaftlichkeit der Eisenbetonbrücken gegenüber den eisernen Brücken¹⁾ im günstigsten Falle (Einzelbogen) bei etwa 97 m Lichtweite liegt. Darüber hinaus sind also die letzteren wirtschaftlicher. Werden die Einheitspreise für die Eisenbetonbrücken höher eingesetzt, so sinkt der Kostengleichwert und wird umgekehrt der Einheitspreis für die Eisenträgerwerke höher als 35 Mark für 100 kg (vergl. Zusammenstellung 15) angenommen, so steigt der Kostengleichwert. Hieraus kann der Schluß gezogen werden, daß im allgemeinen Eisenbetonbrücken ohne Zugband bis etwa 100 m Lichtweite, also bis zur größten für Eisenbetonbrücken bisher angewandten Lichtweite, mit eisernen Bauwerken in wirtschaftlichen Wettbewerb treten können.

Ein abschließendes Urteil kann jedoch in jedem einzelnen Falle nur ein besonderer Kostenvergleich geben, wozu die hier vorgenommenen Untersuchungen sowie die Zusammenstellungen wertvolle Behelfe bieten dürften.

In vielen Fällen werden insbesondere die berechneten Massen unmittelbar zur Veranschlagung benutzt werden können. Über

¹⁾ Diese Grenze soll später kurz als „Kostengleichwert“ bezeichnet werden.

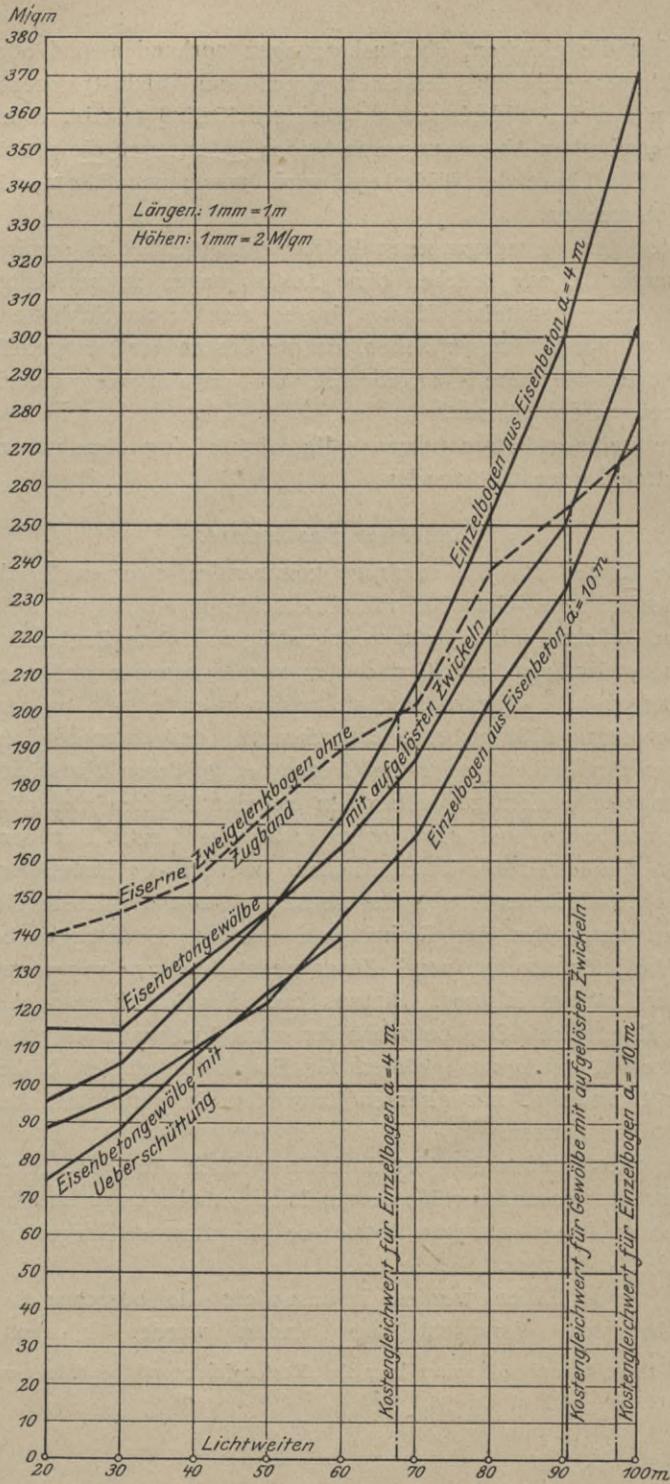


Abb. 23.

Kostenvergleich der Bogenbrücken ohne Zugband.

a = Abstand von Mitte bis Mitte Hauptträger.

Zusammenstellung 29.

Kostenvergleich der Bogenbrücken aus Eisen und Eisenbeton ohne Zugband.

Licht- weite l_0 m	Kosten der eisernen Brücken für 1 qm Grundfläche				Kosten der Eisenbetonbrücken für 1 qm Grundfläche											
	Zweigelenkbogen				Gewölbe mit Über- schüttung				Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln				Einzeln Bögenträger*			
	Über- bau M	Unter- haltung 15 vH. M	Unter- bau M	Ins- gesamt M	Über- bau M	Unter- bau M	Ins- gesamt M	Über- bau M	Unter- bau M	Ins- gesamt M	Über- bau M	Unter- bau M	Ins- gesamt M	Über- bau M	Unter- bau M	Ins- gesamt M
20	92	14	34	140	40	34	74	61	44	115	49	40	89	49	40	89 (95)
30	98	15	33	146	53	35	88	70	45	115	59	39	98	59	39	98 (107)
40	107	16	31	154	70	38	108	84	47	131	70	40	110	70	40	110 (126)
50	123	18	32	173	86	38	124	98	48	146	82	40	122	82	40	122 (146)
60	135	20	35	190	102	38	140	115	49	164	102	43	145	102	43	145 (172)
70	141	21	40	202	—	—	—	133	55	188	117	50	167	117	50	167 (208)
80	166	25	47	238	—	—	—	157	66	223	144	60	204	144	60	204 (252)
90	173	26	54	253	—	—	—	176	75	251	165	67	232	165	67	232 (300)
100	180	27	64	271	—	—	—	216	88	304	199	80	279	199	80	279 (371)

* Über die Zahlen in Klammern vergl. S. 108.

die besonderen Bauarten der Eisenbetonbrücken ist folgendes zu sagen:

Die Gewölbe mit Überschüttung stellen sich im allgemeinen nach Zusammenstellung 29 um 47 bis 26 vH. billiger als eiserne Brücken. Sie werden des schweren Aussehens wegen, ferner wegen des hohen Eigengewichts, welches eine ungünstige Beanspruchung des Baugrundes verursacht, gewöhnlich nicht über 60 m Lichtweite ausgeführt. Bei kleinen Pfeilhöhen kann man sie weiter spannen, da die Zwickelhöhe und damit auch die ständige Belastung verhältnismäßig niedriger wird als dies bei großen Pfeilhöhen der Fall ist; solche Bauwerke erhalten im übrigen auch ein kühnes Aussehen, so daß die vollen Zwickel nicht allzusehr ins Auge fallen.

In Betracht kommen dann Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln und Brücken mit einzelnen Bogenträgern.

Das Eigengewicht des Überbaues kann durch Auflösung der Zwickel in eine Fahrbahntafel und Stützen verringert werden, wobei auch das Aussehen der Brücke leichter und gefälliger wird.

Während einerseits der Aufbau über dem Bogen für die Betonarbeiten hinzukommt, werden die Bogenstärken wegen der geringeren Lasten kleiner, ebenso auch die Abmessungen der Widerlager.

Der Bogen kann hierbei als durchgehendes Gewölbe oder als aus einzelnen Bogenträgern bestehend ausgeführt werden. Unter den zugrunde gelegten Annahmen stellt sich die letztere Bauart billiger als die erstere, falls die Bogenträger in genügend weiten Abständen angeordnet sind. Über den letzteren Punkt soll später noch gesprochen werden.

Nach Zusammenstellung 29 sind die Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln um 21 vH. ($l_0 = 30$ m) bis 0 vH. (bei etwa 91 m Lichtweite) billiger als eiserne Brücken.

Die Brücken mit einzelnen Bogenträgern sind im günstigsten Falle, also für $a = 10$ m, um 36 vH. bis 0 vH. (bei etwa 97 m Lichtweite) billiger als eiserne Brücken (s. auch Abb. 23).

Welche von den beiden letztgenannten Bauarten in Eisenbeton: Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln oder Tragwerke mit einzelnen Bogenträgern, sich in besonderen Fällen billiger stellt, muß nach dem Gesagten durch Kostenvergleich entschieden werden. Jedenfalls zeigt sich aber die Tatsache, daß die Auflösung des Gewölbes in einzelne Hauptträger ein weiteres Mittel zur Verbilligung der Eisenbetonbrücken ist, da hierbei die Anpassungsfähigkeit des Eisenbetons weiter zur Verringerung der Massen ausgenutzt wird. Gerade bei größeren Spannweiten dürfte diese Bauart der schärfste Gegner des reinen Eisenbaues werden.

In der Tat ist diese Bauweise bei neueren Eisenbetonbrücken mit beträchtlichen Spannweiten zur Anwendung gelangt.¹⁾

Die Kosten der Bogenbrücken mit einzelnen Hauptträgern sind, wie bereits hervorgehoben, vom Abstand der letzteren abhängig. Die in Zusammenstellung 19 ermittelten Kosten des Überbaues gelten für zwei Hauptträger in den Abständen $a = 4, 6, 8$ und 10 m. Auf jeden Bogen entfällt somit eine Belastungsbreite $\frac{a}{2} = 2, 3, 4$ bzw. 5 m. Bei Anordnung von mehr als zwei Hauptträgern würden die Werte $\frac{a}{2}$ als Belastungsbreite eines mittleren Hauptträgers anzusehen sein. Zusammenstellung 19 zeigt, daß die Brücke billiger wird, wenn der Hauptträgerabstand größer ist, da sich in diesem Falle die Kosten für Schalung und Rüstung des Bogens, die für verschiedene Hauptträgerabstände fast die gleichen sind, auf eine größere nutzbare Brückenbreite verteilen.

In Zusammenstellung 29 sind die Kosten für $a = 10$ und $a = 4$ m (letztere in Klammern) angegeben, ebenso zeigt Abb. 23 die Kostenlinien für diese Hauptträgerabstände. Es ist besonders zu beachten, daß die Kosten zwischen $a = 6$ und $a = 4$ m (vergl. Zusammenstellung 19) plötzlich in die Höhe schnellen.

Die Anordnung von Auskragungen würde nach dem Gesagten einer Vergrößerung des Abstandes a gleichkommen, also den Überbau verbilligen.

Die Feststellung, daß Auskragungen die Kosten des Überbaues, auf 1 qm Grundfläche bezogen, verringern, ist auch schon bei den eisernen Brücken (vergl. Zusammenstellungen 4 bis 7) gemacht und S. 100 allgemein hervorgehoben.

Für den Kostenvergleich mit eisernen Brücken wird somit eine Linie, die in der Nähe von $a = 10$ liegt, die größte Wirtschaftlichkeit der Eisenbetonbrücke ergeben. Es kann allerdings noch darauf hingewiesen werden, daß sobald $a > 6$ m ist, die Kosten nicht mehr allzusehr schwanken.²⁾

Schließlich lassen sich aus den früheren Untersuchungen die Kosten der Plattenbalken und Gewölbe mit Überschüttung gegenüberstellen, vorausgesetzt, daß die Baubedingungen beide Ausführungen zulassen.

¹⁾ Graftonbrücke in Auckland, Neuseeland (1907 bis 1910), mit 97,54 m Lichtweite (Handb. f. Eisenbetonbau, Bd. VI, 2. Aufl., S. 672). — Langwieser-Viadukt, Eisenbahn Chur—Arosa (1912 bis 1913), mit rd. 96 m Lichtweite (Deutsche Bauztg. 1915, Nr. 19, S. 125).

²⁾ Die wirtschaftliche Überlegenheit einer eisernen Brücke (ohne Zugband) gegenüber einer solchen in Eisenbeton kann, wie erwähnt werden muß, durch den Umstand bewirkt werden, daß erstere durch freien Vorbau aufgestellt werden kann, während letztere stets ein festes Lehrgerüst erfordert. Dieser Fall wird insbesondere dann eintreten, wenn ein reißennder Strom oder eine tiefe Schlucht zu überbrücken ist.

Zusammenstellung 29a.

**Kostenvergleich der Plattenbalkenbrücken und Gewölbe
mit Überschüttung.**

Lichtweite m	Plattenbalkenbrücken			Gewölbe mit Überschüttung		
	Überbau <i>M</i>	Unterbau <i>M</i>	Insgesamt <i>M</i>	Überbau <i>M</i>	Unterbau <i>M</i>	Insgesamt <i>M</i>
5	30	80	110	22	96	118
10	39	44	83	27	58	85
15	50	31	81	35	43	78
20	66	26	92	40	34	74

Unter Benutzung der betreffenden früheren Zusammenstellungen ergibt sich Zusammenstellung 29a.

Aus diesem Kostenvergleich ist zu ersehen, daß sich bis etwa 15 m Lichtweite die Plattenbalken ebenso teuer wie Gewölbe stellen und darüber hinaus die letzteren billiger werden. Diese Grenze kann sich natürlich unter Umständen je nach den angenommenen Einheitspreisen verschieben.

3. Brücken mit Zugband.

Die Kosten der Bogenbrücken mit Zugband in Eisen und Eisenbeton sind in Zusammenstellung 30 sowie in dem Schaubild (Abb. 24) gegenübergestellt.

Auch hier zeigt sich, daß der Eisenbeton sehr wohl imstande ist, mit dem Eisen in wirtschaftlichen Wettbewerb zu treten. Unter den gemachten Annahmen ergibt sich der Kostengleichwert im günstigsten Falle (also für $a = 10$ m) bei etwa 89 m Lichtweite, im ungünstigsten Falle ($a = 4$ m) bei etwa 70 m Lichtweite, und zwar sind die Eisenbetonbrücken im ersten Falle um 37 bis 0 vH. (bei etwa 89 m Lichtweite) billiger als die eisernen Brücken.

Wie schon angedeutet, bewirkt die Änderung der Einheitspreise sofort eine Verschiebung des Kostengleichwerts.

Es ist besonders zu beachten, daß die Eisenbetonbogen bei größeren Spannweiten in höherem Maße wie die Eisenbogen die Fahrbahn bzw. die nutzbare Brückenbreite einengen, da sie etwa doppelt so breit wie die letzteren werden.

Wie bei den Brücken mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband, zeigt sich auch hier (vergl. Zusammenstellung 20), daß die Kosten von $a = 6$ bis $a = 4$ m plötzlich in die Höhe schnellen, während sie für $a > 6$ m fast unveränderlich bleiben. In Zusammenstellung 30 sind daher die Kosten für das Mittel zwischen $a = 6$ und $a = 10$ m, ferner für $a = 4$ m (letztere in Klammern) angegeben. Ebenso sind im Schaubild (Abb. 24) die beiden entsprechenden Kostenlinien eingetragen.

Für den Kostenvergleich ist die letztere Linie als maßgebend anzusehen, da bei großen Spannweiten die Fahrbahn, falls der Hauptträgerabstand nicht größer als $a = 4$ m ist, unverhältnismäßig eingengt werden würde. Bei kleinen Spannweiten verliert allmählich der Hauptträgerabstand an Einfluß. Auch bei den Brücken mit Zugband stellt aus den gleichen Gründen, wie bei den vorher behandelten Brücken ohne Zugband, die Anordnung von Auskragungen eine Verbilligung der Brücke (auf 1 qm Grundfläche bezogen) dar.

Die Anordnung von mehr als zwei Hauptträgern kann, mindestens für größere Spannweiten, im allgemeinen als unwirtschaftlich bezeichnet

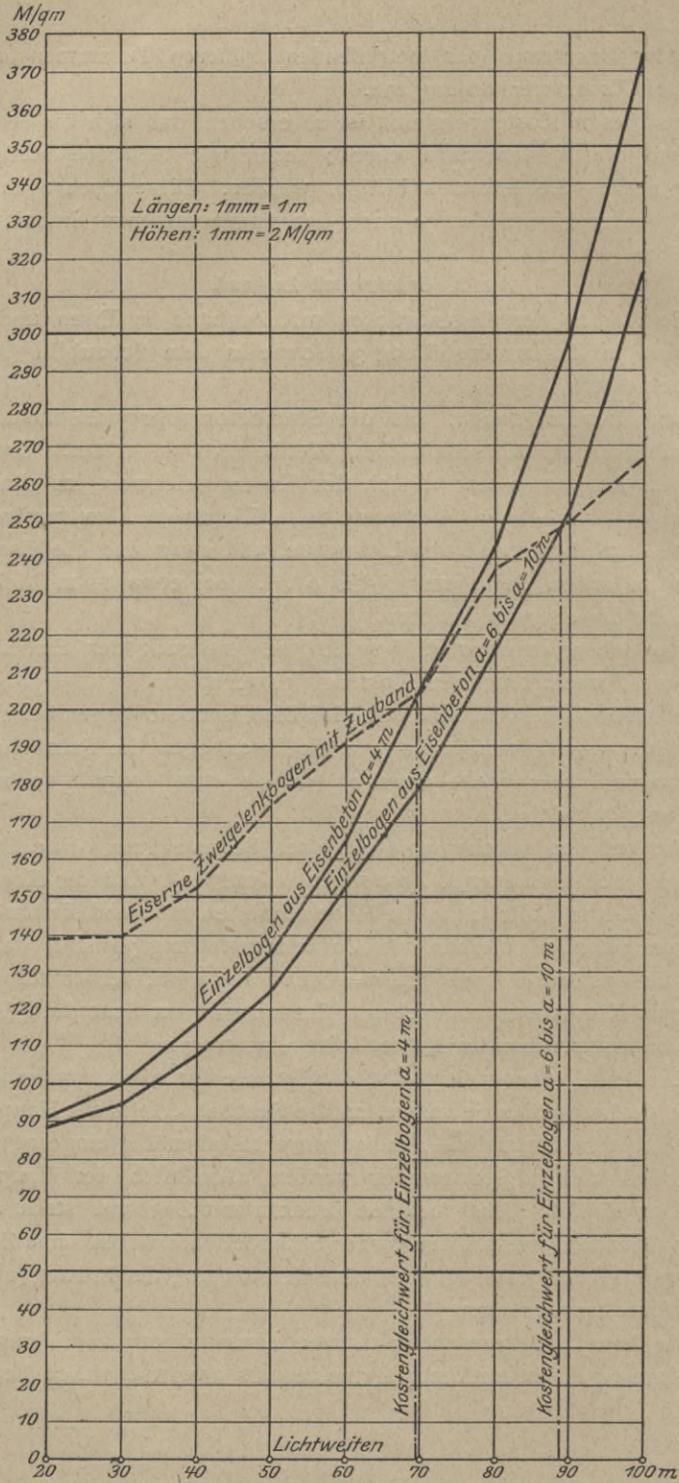


Abb. 24.

Kostenvergleich der Bogenbrücken mit Zugband.
 a = Abstand von Mitte bis Mitte Hauptträger.

Zusammenstellung 30.

Kostenvergleich der Bogenbrücken aus Eisen und Eisenbeton mit Zugband.

Licht- weite l_0 m	Kosten der eisernen Brücken für 1 qm Grundfläche				Kosten der Eisenbetonbrücken für 1 qm Grundfläche*		
	Überbau <i>M</i>	Unter- haltung 15 vH. <i>M</i>	Unter- bau <i>M</i>	Ins- gesamt <i>M</i>	Überbau <i>M</i>	Unter- bau <i>M</i>	Insgesamt <i>M</i>
20	98	15	26	139	62 (65)	26	88 (91)
30	106	16	18	140	76 (81)	19	95 (100)
40	118	18	17	153	91 (99)	17	108 (116)
50	140	21	14	175	109 (119)	16	125 (135)
60	154	23	14	191	137 (149)	15	152 (164)
70	164	25	14	203	164 (188)	16	180 (204)
80	196	29	13	238	199 (225)	17	216 (242)
90	205	31	13	249	232 (277)	20	252 (297)
100	217	33	16	266	289 (346)	26	315 (372)

* Über die Zahlen in Klammern vergl. S. 111.

werden, da sie zu sehr die nutzbare Brückenbreite einschränken. Auch ist in Betracht zu ziehen, daß nicht nur durch die Hauptträger und Hängepfosten, sondern auch durch die erforderlichen Schrammkanten bzw. Schutzstreifen zwischen Hauptträger und Bordsteinkante, wenn solche durch die Fußwege nicht entbehrlich werden, die nutzbare Fahrbahnbreite verkleinert wird.

B. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Aus der vorliegenden Untersuchung der eisernen Brücken und Eisenbetonbrücken bis 100 m Lichtweite, also bis zu der Lichtweite, bis zu welcher Eisenbetonbrücken bzw. massive Brücken bis jetzt überhaupt ausgeführt sind, lassen sich die Schlußergebnisse wie folgt zusammenfassen:

I. Bis zu der angegebenen Lichtweite können Eisenbetonbrücken mit eisernen Brücken je nach den Baubedingungen sehr wohl in wirtschaftlichen Wettbewerb treten, d. h. wirtschaftlich überlegen sein. Dieser Fall tritt insbesondere ein, wenn Zement, Kies und Rundeisen billig sind, während die Marktlage für Eisenbauten ungünstig ist.

Die Anordnung von Gehwegauskragungen (Konsolen) verschiebt die Verhältnisse für eiserne Brücken und Eisenbetonbrücken in gleicher Weise, so daß die Ergebnisse der Untersuchung für die Brücken ohne Gehwegauskragungen auch auf die Brücken mit solchen übertragen werden können. Die Gelenke der Bogenbrücken, besonders der Eisenbetonbrücken, haben auf die wirtschaftlichen Verhältnisse, soweit sie hier allgemein beurteilt werden können, keinen nennenswerten Einfluß, da die Kosten der Gelenke für 1 qm Grundfläche gering sind und sich die sonstigen Massen gegenüber den Brücken ohne Gelenke nicht wesentlich ändern.

II. Bei den Balkenbrücken, die bis 20 m Lichtweite untersucht sind, hat sich gezeigt, daß die Eisenbetonbrücken fast stets billiger als eiserne Brücken sind. Was für die Plattenbalkenbrücken gilt, kann ohne weiteres auch für die anderen Arten von Eisenbetonbalkenbrücken, also z. B. für Brücken mit einzelnen Hauptträgern (Brücken mit untenliegender Fahrbahn), in Form von vollwandigen Trägern, Vierendeelträgern, und Fachwerkträgern behauptet werden.

III. Bei den Bogenbrücken ist zu unterscheiden zwischen Bogenbrücken ohne und mit Zugband. Für die eisernen Brücken ist als Normalform der Zweigelenkbogen (vollwandig oder fachwerkartig) ohne und mit Zugband angenommen; für die Eisenbetonbrücken kommen als Vertreter das Gewölbe mit Überschüttung, das Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln und schließlich die Tragwerke mit einzelnen Bogenträgern ohne und mit

Zugband in Betracht, wobei die Fahrbahn im ersten Falle über den Hauptträgern liegt und im letzteren Falle an diesen angehängt ist.

1. Die Gewölbe mit Überschüttung, die bis 60 m Lichtweite untersucht sind, sind unter den gemachten Annahmen im Mittel um 37 vH. billiger als der entsprechende eiserne Zweigelenkbogen. Die Ausführbarkeit für größere Lichtweiten wird (bei großen Pfeilhöhen) durch das hohe Eigengewicht beschränkt. Bei kleinen Pfeilhöhen und guten Baugrundverhältnissen lassen sie sich für weit größere Lichtweiten ausführen und bleiben hierbei in der Regel wirtschaftlicher als eiserne Brücken.

2. Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln sind unter den gemachten Annahmen im Mittel um 11 vH. billiger als eiserne Brücken. Bei etwa 91 m Lichtweite sind für beide Baustoffe die Preise gleich, d. h. bei dieser Lichtweite liegt der sogenannte Kostengleichwert, während der Preisunterschied bei kleinen Lichtweiten bis 21 vH. zunimmt.

Die unter 1. genannten Gewölbe sind billiger als die Gewölbe mit aufgelösten Zwickeln.

3. Die Eisenbetonbrücken mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband sind bei genügend großem Hauptträgerabstand unter den Eisenbetonbrücken am wirtschaftlichsten, da sie die geringsten Massen erfordern; das tote Gewicht ist also bei ihnen am kleinsten.

Hieraus folgt, daß sie bei großen Lichtweiten gegenüber den eisernen Brücken am wirtschaftlichsten sind; ferner folgt, daß mit dieser Bauart die größten Spannweiten erzielt werden können. Unter den gemachten Annahmen sind sie im Mittel um 18 vH. billiger als eiserne Brücken.

Der Kostengleichwert liegt bei etwa 97 m Lichtweite, bei kleinen Lichtweiten nimmt der Preisunterschied bis 36 vH. zu.

Bei kleinen Lichtweiten werden nur die Gewölbe mit Überschüttung billiger. Die Hauptträger dürfen nicht zu nahe liegen. Die auf jeden Hauptträger entfallende Belastungsbreite soll wenigstens 3 m betragen, d. h. bei Brücken mit zwei Hauptträgern ohne Auskragungen soll ihr Abstand $a \geq 6$ m sein; bei Anordnung von Auskragungen kann dieser Abstand verringert werden. Bei Vorhandensein mehrerer Hauptträger ist der Abstand dem Gesagten entsprechend zu wählen.

4. Die Eisenbetonbrücken mit einzelnen Bogenträgern mit Zugband sind unter den gemachten Annahmen im Mittel um 19 vH. billiger als eiserne Brücken. Der Kostengleichwert liegt bei etwa 89 m Lichtweite. Bei kleinen Lichtweiten nimmt der Preisunterschied bis 37 vH. zu. Diese Bauart verhält sich also in wirtschaftlicher Beziehung fast ebenso wie die vorgenannten Brücken. Bezüglich des Hauptträgerabstandes gilt auch hier das vorher Gesagte. Bei größeren Spannweiten ist die starke Verengung der nutzbaren Brückenbreite durch die breiteren Hauptträger

gegenüber den eisernen Brücken zu beachten. Der theoretische Preisunterschied verringert sich hierdurch um etwa 10 vH., da der Hauptträgerabstand der Eisenbetonbrücke um etwa 10 vH. größer als der der eisernen Brücke gewählt werden muß, um die gleiche nutzbare Brückenbreite zu erzielen.

Der Kostengleichwert fällt hierdurch auf etwa 82 m Lichtweite.

Bei kleinerem Hauptträgerabstand ändern sich diese Verhältnisse weiter zugunsten der eisernen Brücken. Für $a = 4$ m liegt die Kostengrenze bei etwa 70 m Lichtweite (Abb. 24), wobei noch nicht der ungünstige Einfluß der größeren Bogenbreite der Eisenbetonbrücke gegenüber der eisernen Brücke berücksichtigt ist. Wird letzterer in Betracht gezogen, so fällt der Kostengleichwert auf etwa 63 m Lichtweite.

Der Kostengleichwert der Eisenbetonbrücken mit Zugband liegt somit zwischen 63 und 82 m.

Anhang.

Tafeln über Gewichte, Massen und Kosten ausgeführter Straßenbrücken in Eisen und Eisenbeton.

Vorbemerkungen zu den Tafeln I bis IV.

Wie bereits im Vorangehenden mehrfach erwähnt, enthalten die nachstehenden Tafeln der Hauptsache nach die Gewichte ausgeführter eiserner Brücken sowie die Massen und Kosten ausgeführter Eisenbetonbrücken, welche zum Vergleich bzw. zur Nachprüfung der vorher unmittelbar bestimmten Gewichte, Massen und Kosten dienen sollen.

Wenn neben den ausgeführten Eisenbrücken (Tafel II) noch die bedeutendsten Wettbewerbsentwürfe (Tafel I) aufgenommen sind, so geschieht dies deshalb, weil es sich hierbei um genau durchgearbeitete, fast ausführungsfähige Entwürfe handelt, die einestils wichtige Vergleichswerte für die vorangehenden Untersuchungen liefern, andernteils aber mehrfach die Grundlagen für die betreffenden ausgeführten Brücken enthalten und daher bemerkenswerte Vergleiche zwischen Wettbewerbsentwurf und Ausführung gestatten.

Da für die vorliegende Arbeit, soweit es sich um Brücken über 20 m Lichtweite handelt, nur Bogenbrücken in Betracht kommen, so sind auch nur solche in den Tafeln aufgenommen; ebenso kommen aus früher schon angeführten Gründen nur Straßenbrücken in Frage.

Die Gewichte der eisernen Brücken sind neben dem Gesamtgewicht noch getrennt für Hauptträger, Querverbindungen, Fahrbahn und Auflager, auf 1 qm Brückengrundfläche bezogen, angegeben, da sie in dieser Form zum Vergleich mit den früher unmittelbar bestimmten Gewichten nötig sind und ferner zur Beurteilung der wirtschaftlichen Ausbildung des Überbaues dienen. Die Hauptträgergewichte sind auch noch, wie üblich, für 1 m Stützweite angeführt.

Ähnlich sind für die Eisenbetonbrücken die Massen für die einzelnen Teile der Überbauten berechnet, wie sie zur Kostenermittlung vorliegen müssen. Diese Massen, gleichfalls auf 1 qm Brückengrundfläche bezogen, gestatten bemerkenswerte Vergleiche der Brücken untereinander bezüglich des Baustoffaufwandes und lassen auch gewisse Grenzen erkennen, innerhalb welcher letzterer liegt. Sie sind insbesondere für überschlägliche Massen- und Kostenberechnungen für Brücken wichtig, von denen noch keine genauen Entwürfe vorhanden sind. Aus dem Gesagten geht der praktische Wert der Tafeln für die genannten Zwecke deutlich hervor.

Neben den Gewichts-, Massen- und Kostenzahlen bringen die Tafeln ferner andere wichtige Angaben, wie Hauptabmessungen der Überbauten, Belastungsvorschriften, zulässige Beanspruchungen, die beim Entwurf maßgebend waren und zur richtigen Beurteilung des Bauwerks erforderlich sind.

Diese Angaben bieten bei Entwurfsbearbeitungen wertvolle Anhaltspunkte und enthalten insbesondere Fingerzeige für die bei Aufstellung statischer Berechnungen zugrunde zu legenden Annahmen.

Die Angaben der Tafeln sind, soweit dies möglich war, den angeführten Quellen entnommen. Von einer Reihe bemerkenswerter Brücken in Eisen und Eisenbeton sind dem Verfasser von maßgebenden Stellen (siehe Vorwort) wertvolle, unveröffentlichte Angaben und Unterlagen zur Verfügung gestellt worden, so daß die Tafeln hierdurch eine beachtenswerte Bereicherung erfahren.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

Handbuch für Eisenbetonbau.

== Zweite neubearbeitete Auflage. ==

Herausgeber: k. k. Oberbaurat Dr. Ing. F. von Emperger, Wien.

- I. Band: Entwicklungsgeschichte und Theorie des Eisenbetons.**
1912. (Mit 975 Abb.) geh. 25 M., geb. 28 M.
- II. Band: Baustoffe. Betonmischmaschinen. Betonierungsregeln. Transportvorrichtungen. Vorrichten und Verlegen des Eisens. Schalung im Hochbau. Schalung bei Balkenbrücken. Schalung bei Bogen.**
1911. (Mit 597 Abb.) geh. 14 M., geb. 16,50 M.
- III. Band: Grundbau. Mauerwerksbau.**
1910. (Mit 1008 Abb.) *Vergriffen.*
- IV. Band: Uferbefestigungen. Schleusen. Leuchttürme und Leuchtbaken, Hellinge, Schiffsgefäße. Wehre. Staudämme und Talsperren.**
1910. (Mit 817 Abb.) geh. 14 M., geb. 16,50 M.
- V. Band: Flüssigkeitsbehälter. Röhren. Kanäle. Aquädukte und Kanalbrücken.**
1910. (Mit 838 Abb.) nur noch geheftet lieferbar 18 M.
- VI. Band: Balkenbrücken. Bogenbrücken. Die Anwendungen des Eisenbetons im Eisenbrückenbau.**
1911. (Mit 1695 Abb.) geh. 30 M., geb. 33 M.
- VII. Band: Eisenbahnbalkenbrücken. Eisenbahnschwellen. Leitungen. Sonstige Anwendungen des Eisenbetons im Eisenbahnwesen, wie Bahnsteighallen, Lokomotivschuppen, Wasserstationen, Wärterhäuschen, Verladebühnen. Tunnelbau, Tunnellüftungsanlagen, Schutzgalerien. Stadt- und Untergrundbahnen. Bergbau.**
1912. (Mit 1093 Abb.) geh. 21 M., geb. 24 M.
- VIII. Band: Feuersicherheit. Bestimmungen. Bauunfälle.**
1. Lieferung: Feuersicherheit. geh. 2,40 M.
1913. (Mit 15 Abb.)
2. Lieferung erscheint voraussichtlich im Jahre 1919.
- IX. Band: Hochbau. I. Decken, Säulen, Mauern, Wände, Treppen, Kragbauten.**
1913. (Mit 1289 Abb.) geh. 20 M., geb. 22,50 M.
- X. Band: Hochbau. II. Dachbauten. Kuppelgewölbe.**
(Siehe erste Aufl. IV. Band, I. Teil, 2. Liefg.)
- XI. Band: Gebäude für besondere Zwecke. I. Markthallen. Schlacht- und Viehhöfe. Saal- und Versammlungsbauten. Schornsteine. Fabrik- und Lagerhäuser. Geschäftshäuser.**
1915. (Mit 1467 Abb.) geh. 28 M., geb. 31 M.
- XII. Band: Gebäude für besondere Zwecke. II. Silos. Landwirtschaftliche Bauten.**
1913. (Mit 591 Abb.) geh. 14 M., geb. 16,50 M.
- Erster Ergänzungsband: Die künstlerische Gestaltung der Eisenbetonbauten.**
1911. (Mit 148 Abb.) geh. 9 M., geb. 11 M.
- Zweiter Ergänzungsband: Neuere Hohlkörperdecken.**
1917. (Mit 330 Abb.) geh. 12 M., geb. 15 M.

 *Man verlange ausführlichen Prospekt.* 

- Die Ermittlung der Nebenspannungen eiserner Fachwerksbrücken und das praktische Rechnungsverfahren nach Mohr** nebst Anhang mit Rechnungsbeispielen von J. Karig, Bauobersekretär im Brückenbau-bureau der Königl. sächs. Eisenbahnen. Von *W. Gehler*, Regierungsbaumeister.
Mit 151 Textabb. 1910. geh. 6 M., geb. 6,80 M.
- Rahmenberechnung mittels der Drehwinkel.** Von Dr.-Ing. *W. Gehler*, Professor an der Königl. Techn. Hochschule, Dresden. Beitrag zur Festschrift „Otto Mohr zum 80. Geburtstag“. Mit Bildnis Otto Mohr und mit 140 Textabb. 1916. geh. 8 M., geb. 9,50 M.
- Der Rahmen.** Einfaches Verfahren zur Berechnung von Rahmen aus Eisen und Eisenbeton mit ausgeführten Beispielen. Von Dr.-Ing. *W. Gehler*, Professor an der Königl. Techn. Hochschule, Dresden. Zweite neubearbeitete Aufl. *erscheint voraussichtlich Spätherbst 1918.*
- Beton-Kalender 1918.** Taschenbuch für Beton- und Eisenbetonbau sowie die verwandten Fächer. XII. neubearb. Jahrgang. *Kriegsausgabe.* Mit 586 Textabb. 1917. kart. 4,50 M.
- Hütte des Bauingenieurs.** Herausgegeben vom Akad. Verein „Hütte“. (*Sonderausgabe des III. Bandes der „Hütte“ 22. Auflage.*) Umfang rd. 73 Bogen mit rd. 2200 Textabb. Neubearbeitet und bedeutend erweitert. 1915. in Leinen 10 M., in Leder 11 M.
- Tafeln zur Berechnung von ebenen Windverbänden eiserner Brücken.** Von *O. Kommerell*, Kaiserl. Baurat im Reichsamt für die Verwaltung der Reichseisenbahnen. Mit 29 Textabb. 1911. geh. 1,50 M.
- Tafeln für Eisenbahnbrücken aus einbetonierten Walzträgern.** Von *O. Kommerell*, Kaiserl. Baurat im Reichsamt für die Verwaltung der Reichseisenbahnen. Mit 8 Textabb. 1911. geh. 2,40 M.
- Tabellen für Straßenbrücken aus einbetonierten Walzträgern.** Von Dr.-Ing. *O. Kommerell*, Kaiserl. Baurat im Reichsamt für die Verwaltung der Reichseisenbahnen. Mit 44 Textabb. 1912. geh. 6,80 M.
- Deutsche Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Hoch-
ofenzement.** Mit Runderlaß vom 22. November 1917. Mit 5 Textabb. 1917. geh. 0,40 M.
- Bauaufsicht und Bauführung.** Handbuch für den praktischen Baudienst. Von *G. Tolkmitt* †, Königl. Baurat. Vierte neubearbeitete Aufl. Redigiert von *M. Guth*, Königl. Baurat. Teil III. *Berechnungen und Ausführung von Ingenieurbauten.* Mit 135 Textabb. 1908. geb. 5 M.

Eisengewichte ausgeführter Bogenbrücken (Straßenbrücken).

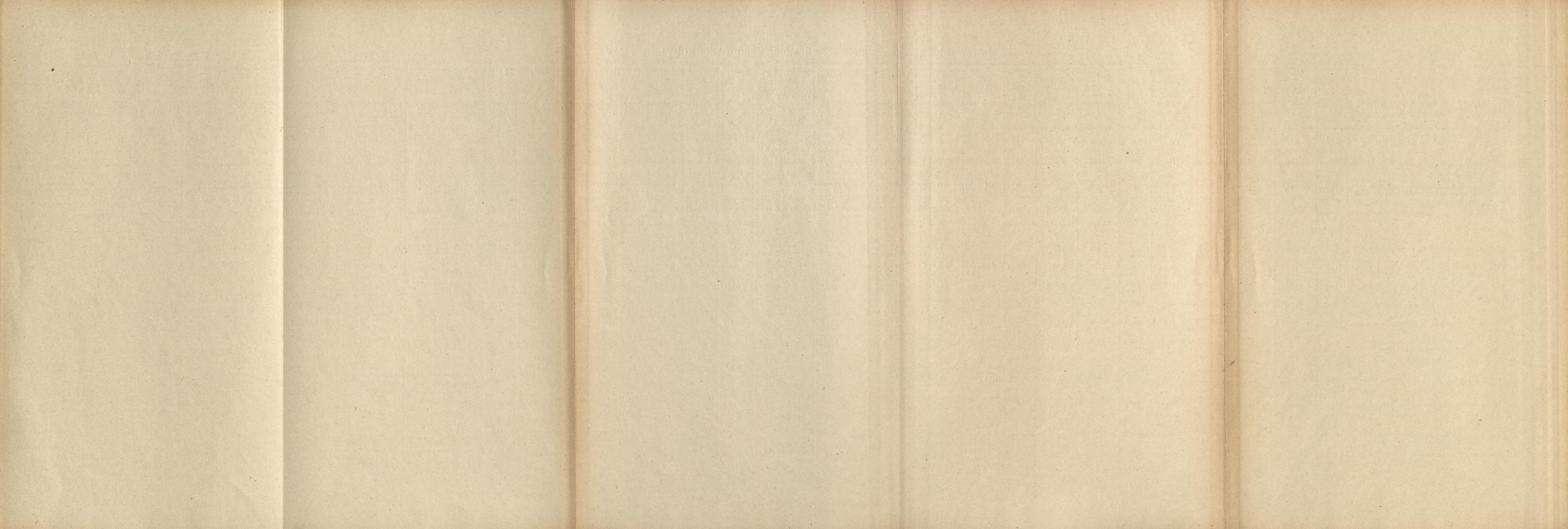
Nr.	Bauwerk	Er- bau- ung	Öffnungen	Stütz- weite l m	Pfeil- höhe des Unter- gurts f m	Pfeil- ver- hältnis $\mu = \frac{f}{l}$	Feld- weite λ m	Träger- höhe im Scheitel h_s m	Haupt- träger- abstand a m	Brücken- breite zwischen den Gelän- dern b m	Grund- fläche des eisernen Überbaues $F = l \cdot b$ qm	Ge- samtes Eisen- gewicht einschl. Gelän- der t	Gewicht der						Ge- sam- t- ge- wicht für 1 qm Grund- fläche kg/qm	Ein- heits- preis M/t	Art des Tragwerks	Art der Fahrbahn- decke und -tafel	Belastungsvorschriften	Zulässige Beanspruchungen infolge: Eigengewicht, Verkehrslast, Wind und Wärmeänderungen, bzw. höchste auftretende	Bemerkungen	Entwurf Ausführung	Quellenangabe		
													Hauptträger		Quer- verbin- dungen*) kg/qm	Haupt- träger + Quer- verbin- dung kg/qm	Fahr- bahn kg/qm	Auf- lager- guß- und Guß- eisen kg/qm											
													für 1 m Stütz- weite kg/m	für 1 qm Grund- fläche kg/qm															
1	Kornhausbrücke über die Aare bei Bern	1895 1898	Mittel- 1) 7 Seiten-	114,858	31,610	1 : 3,6	10,33 3,62	1,60	8,0; 13,60	12,60	1447 2559	681 914	1360	216	66	282	157	32	471 357	326	Fachwerkbogen mit eingespannten Kämpfern Vollwandige Zweigelenkbogen, versteift durch Fachwerkbalken	10 cm Holzpflaster auf 7 mm Buckelblechen. Fußwege mit Asphalt auf Belageisen N.P. 6	1. Hauptträger 450 kg/qm 2. Fahrbahn 1 Lastwagen von 20 t Eidgenössische Verordnung vom Jahre 1892	$\sigma = 0,8 + 0,25 \frac{S_{min}}{S_{max}} t/qcm$	1) 5 Bogen von je 34,42 m Stützweite und 2 Balken von je 15,60 m Stützweite	Gutehoffnungshütte, Oberhausen; Th. Bell & Co., Kriens; A. u. H. von Bonstetten, von Fischer; P. Simons, Bern	Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1898, S. 1280 Schweiz. Bauztg. Bd. XXVIII, Nr. 15: Bd. XXXIV, Nr. 1, 2		
2	Brücke über den Rhein bei Bonn	1896 1898	Mittel- 2 Seiten-, je 1 Seiten-	187,92 94,45 32,95	29,60	1 : 6,3	7,80 — 3,25	4,80 — —	9,00 9,00 9,00	14,00 14,00 14,00	2631 1322 461	1619 708 115	2666 2161	381 309	36 25	417 334	174 162	40 —	615 535 250	305	Zweigelenkbogen üb. d. Fahrbahn ohne Zugband Zweigelenkbogen mit ausgefachten Zwickeln desgleichen	18 cm Holzpflaster auf 5 mm Buckelblechen. Fußwege mit Asphalt auf Belageisen N.P. 5	1. Hauptträger 400 kg/qm 2. Fahrbahn: 2 Wagen, von 10 t, 1 Wagen von 16 t, Dampf- walze von 13 t (6,5 + 2, 3,25), Straßenbahn mit Lokomotive von 12,8 t, Wagen von 25,2 t 3. Fußwege 500 kg/qm	$\sigma = 0,95 \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{min}}{S_{max}}\right) t/qcm$ Beanspruchung infolge Verkehr bei der Fahrbahn mit 1,3, b. d. Hauptträgern mit 1,2 zu multiplizieren	Vergl. Wettbewerbentwurf: Tafel I, Nr. 1	Gutehoffnungshütte, Oberhausen, B. Möhring, Berlin; R. Schneider, Berlin	Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1899, S. 309 Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 617 Mehrrens: Der deutsche Brückenbau im XIX. Jahrhundert S. 111 Die Bonner Rheinbrücke, Festschrift, Bonn 1898		
3	Brücke über den Rhein bei Düsseldorf	1896 1898	2 Strom-, je 3 linke Flut- 1 rechte Flut-	181,25 63,36 57,024 50,668 60,36	27,70	1 : 6,5	7,25	~ 6,0	9,70	14,20	2574 1765	1765	—	—	—	—	—	—	686 414 444	357	Zweigelenkbogen üb. d. Fahrbahn ohne Zugband Zweigelenkbogen mit ausgefachten Zwickeln desgleichen	12 cm Holzpflaster auf Buckelblechen	1. Hauptträger 400 kg/qm 2. Fahrbahn: 1 Wagen von 20 t, daneben Wagen von 10 t, außerdem 400 kg/qm Für die Gleisträger ferner Eisenbahngüterwagen von 24 t	1. Hauptträger: $k_g + p = 1100$ kg/qcm (bei den Seitenöffnungen 950); $k_g + p + t = 1150$ kg/qcm (1000); $k_g + p + t + w = 1400$ kg/qcm (1200) 2. Fahrbahn: Längsträger und Zwischenquerträger 750, Haupt- querträger und Hängestangen $k_g + p = 800$ kg/qcm; $k_g + p + w = 850$ kg/qcm; $k_g + p + t + w = 1050$ kg/qcm	—	Gutehoffnungshütte, Oberhausen; A. Schill, Düsseldorf; Ph. Holzmann & Co., Frankfurt a. M.	Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1899, S. 320 Zentralbl. d. Bauv. 1898, S. 557 Mehrrens: wie vorher S. 115 Die neue Rheinbrücke bei Düsseldorf, Festschrift Düsseldorf 1898		
4	Brücke über den Rhein bei Worms	1897 1900	Mittel- 2 Seiten-, je	105,60 94,40	10,123 9,073	1 : 10,4 1 : 10,4	8,01 7,74	2,70 2,50	7,50 7,50	10,50 10,50	1109 991	635 553	1659 1586	316 302	in den Hauptträgern enthalten	316 302	239 239	18 17	537 558	275	Sichelbogen unter der Fahrbahn desgleichen	12 cm Steinpflaster auf 8 mm Blech, versteift durch aufgenietete 6 cm hohe Z-Eisen in 0,80 m Abstand, Fußwege Belageisen	1. Hauptträger 400 kg/qm 2. Fußwege 560 kg/qm	1. Hauptträger: $k_g + p = 1200$ kg/qcm; $k_g + p + w + t = 1700$ kg/qcm 2. Fahrbahn $k_1 = 1000$ kg/qcm	Vergl. Wettbewerbentwurf: Tafel I, Nr. 5	Nürnberger Maschinenbau-Akt.-Ges.; Hoffmann, Darmstadt; Grün & Bilfinger, Mannheim	Deutsche Bauzeitung 1900, S. 562, 569, 578, 585, 593, 596, 597		
5	Brücke über die Süderelbe bei Harburg	1897 1899	4, je	100,96	13,80	1 : 7,3	6,31	3,20	8,30	11,90	1201	520	1330	224	30 (43)	254	168	11	433	1) 320	Zweigelenkbogen mit Zugband und Endportalen	10 cm Steinpflaster auf 7 mm Hängeblechen	1. Hauptträger 850 kg/qm; 2. Fahrbahn: Wagen von 10 t und 1 Wagen von 20 t (in der Mitte oder 0,75 m seitwärts fahrend), daneben 400 kg/qm	$k_g + p + w + t = 1500$ kg/qcm	1) nach dem Wettbewerbentwurf, vergl. Tafel I, Nr. 11 (II. Preis)	Nürnberger Maschinenbau-Akt.-Ges.	Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 293, 421		
6	Schloßbrücke über die Spree in Charlottenburg	1899 1902	1	52,70	8,65	1 : 6,1	—	1,50	14,40	22,08	1164	468	2386	216	in der Fahrbahn enthalten	—	178	8	402	352	Zweigelenkbogen mit Zugband Fahrbahn freischwebend	13 cm Holzpflaster auf Buckelblechen. Fußwege auf Granitplatten	1 Lastwagen von 10 t, 1 Dampfwalze von 10 t, 1 Straßenbahnwagen von 24 t, außerdem 400 kg/qm	—	—	—	Statistische Nachweisungen üb. ausgeführte Wasserbauten d. preuß. Staates, Berlin 1907, S. 84, 130		
7	Königsbrücke über die Elbe in Magdeburg	1900 1903	Mittel-	135,00	20,00	1 : 6,8	7,50	4,80	11,00	18,00	2430	1115	2033	226	38 (62)	264	180	15	459	450	Zweigelenkbogen ohne Zugband mit Endportalen	10 cm Holzpflaster auf 6 mm Buckelblechen	1. Hauptträger 400 kg/qm 2. Fahrbahn: 2 Wagen von 10 t, 2 Straßenbahnwagen von 12 t, Dampfwalze von 23 t, daneben 400 kg/qm	1. Hauptträger: $k_g + p = 1000$ kg/qcm; $k_g + p + w + t = 1300$ kg/qcm 2. Fahrbahn $k_1 = 1300$ kg/qcm	—	Union, Dortmund	Nach Angaben der „Union“; vergl. auch Deutsche Bauztg. 1903, S. 286		
8	Treskowbrücke über die Spree in Oberschöneweide bei Berlin	1903 1904	Mittel-	78,00	11,00	1 : 7,1	6,00	2,00	8,80	14,50	1131	513	1805	249	15 (25)	264	179	11	454	255	Durchlaufender Träger auf 4 Stützen Mittelöffnung Bogen mit Zugband Seitenöffnungen gerade, Stützweite 37,5 m	5 cm Asphalt auf Belageisen Burb. Hütte Nr. 12. Querträger und Hängestangen steif verbunden	1. Hauptträger 400 kg/qm 2. Fahrbahn: 1 Wagen von 20 t, daneben Wagen von 12 t, Dampfwalze von 23 t, Kesselwagen von 23 t 3. Fußwege 400 kg/qm	—	—	—	K. Bernhard, Berlin; Beuchelt & Co., Grünberg i. Schlesien; Ph. Holzmann & Co., Berlin	Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1905 (Sonderdruck)	
9	Königin-Luisen-Brücke über die Memel in Tilsit	1904 1907	3 Haupt-, je 1 Seiten-	105,60 49,28	15,50 6,00	1 : 6,8 1 : 8,2	6,60 4,48	3,50 0,40	9,67 9,55	13,79 13,79	1456 680	775 244	2048 1179	297 171	25 (36) 9	322 180	205 176	5 4	532 360	—	Zweigelenkbogen mit Zugband und Endportalen Blechbogen mit fachw. Versteifungstr. 1,6 m hoch	10 cm Steinpflaster auf Belageisen Burb. Hütte Nr. 12	1. Hauptträger 480 kg/qm; 2. Fahrbahn: 3 Wagen von 10 t nebeneinander, Dampfwalze von 23 t (13 + 2, 5,5), daneben Kleinbahn mit Lokomotive von 12,8 t und Wagen von 12,6 t; 3. Fußwege 500 kg/qm	1. Hauptträger: Ohne Wind 1150 kg/qcm mit „1450“ 2. Fußwege $k_1 = 900$ kg/qcm	1) Unverteilt. Fahrbahngew. 235 kg/qcm Fußweggew. 118 „ 2) Unverteilt. Fahrbahngew. 207 „ Fußweggew. 94 „	Beuchelt & Co., Grünberg i. Schlesien	Zeitschr. f. Bauw. 1909, S. 55		
10	Röntgenbrücke über die Spree in Charlottenburg	1906 1908	1	71,00	9,20	1 : 7,7	4,70	1,996	11,70	21,00	1491	586	1887	180	21 (38)	201	175	17	393	384	Sichelbogen über der Fahrbahn ohne Zugband Querträger und Hängepfosten steif verbunden	Holzpflaster auf Buckelblechen	—	—	—	—	—	Beuchelt & Co., Grünberg i. Schlesien; O. Ziese, Charlottenburg	Nach Angabe der Städt. Tiefbauverwaltung Charlottenburg, ferner Zeitschr. f. Bauw. 1911, S. 441
11	Brücke über den Neckar in Mannheim	1906 1908	Mittel-	113,00	1) 6,94	1 : 16,3	—	—	40,; 3,4; 4,0	15,00	1695	1186	1692	451	46	497	162	41	700	312	4 Blechbogen mit 2 Gelenken	Holzpflaster auf Belageisen	—	—	—	1) Pfeilhöhe der Mittellinie. Vergl. Wettbewerbentwurf Tafel I, Nr. 16	Th. Lucan, Mannheim; Ph. Holzmann & Co., Frankfurt a. M.	Deutsche Bauztg. 1908, S. 266 Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 277	
12	Stubenrauchbrücke über die Spree in Oberschöneweide bei Berlin	1907 1908	Mittel-	60,00	8,55	1 : 7,0	4,62	1,10	9,90	14,90	894	404	2001	269	8 (12)	277	164	11	452	390	Zweigelenkbogen mit Zugband Querträger und Hängepfosten steif verbunden	13 cm Holzpflaster auf Belageisen Burb. Hütte Nr. 12	1. Hauptträger: Güterwagenzug mit 13 t Achslast, daneben 400 kg/qm $k_g + p + w = 1300$ kg/qcm; $k_g + p + w + t = 1400$ kg/qcm 2. Fahrbahn: Dampfwalze von 23 t, Güterwagen von 26 t, daneben Wagen von 12 t bzw. Straßenbahnwagen von 12 t und 400 kg/qcm	1. Hauptträger: $k_g + p = 1200$ kg/qcm; $k_g + p + w = 1300$ kg/qcm; $k_g + p + w + t = 1400$ kg/qcm 2. Fahrbahn $k_1 = 750$; 3. Fußwege $k_2 = 800$ kg/qcm	Die Brücke dient zeitweilig dem Übergang von Güterwagen der Eisenbahn	K. Bernhard, Berlin; Braß & Hertslet, Marienfelde-Berlin; Act.-Ges. f. Beton- u. Monierbau, Berlin	Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1908 (Sonderdruck)		
13	Brücke über den Bahnhof Linden-Fischerhof b. Hann.	1907 1908	3 Haupt-, je	51,80	9,28	1 : 5,6	3,70	1,50	9,50	15,00	777	911	1429	191	20 (33)	211	163	17	391	348,50	Zweigelenkbogen mit Zugband und Endportalen	10 cm Basaltplaster auf 8 mm Buckelblechen	Preussische Staatsbahnvorschriften	Preussische Staatsbahnvorschriften	—	—	—	Kgl. Eisenbahndirektion, Hannover; Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen	Nach Angabe d. Firma Louis Eilers; vergl. a. d. Zeitschr. Der Brückenbau 1914, S. 86
14	Brücke über die Staatsbahn in Deutsch-Eylau	1908	1	48,00	8,45	1 : 5,7	4,00	1,50	8,40	11,40	547	201	1026	180	27 (37)	207	149	11	367	335	Zweigelenkbogen mit Zugband und Endportalen	12 cm Steinpflaster auf 6 mm Buckelblechen	—	—	—	1) einschl. Endportale	Braß & Bertslet, Marienfelde-Berlin	Nach Angabe der Firma Braß & Hertslet	
15	La Roche-Bernard-Brücke über die Vilaine (Frankr.)	1908 1911	1	192,17	44,15	1 : 4,4	6,10	Gelenk	1) 7,80 (20,00)	7,00	1499	1217	1842	472	2) 99	571	3) 203	38	812	486	Fachwerkbogen mit eingespannten Kämpfern und drei Gelenken im mittleren über der Fahrbahn liegenden Teil von 112 m Stützweite	Steinpflaster auf Klinkerkappen	400 kg/qm, Dampfwalze von 16,3 t (6,4 + 9,9), Kleinbahn mit 2 Lokomotiven von 24 t und 18 t und 12 Wagen von 14 t	—	—	—	1) an der Einspannungstelle 2) Querverbindung der Bogen 3) einschl. Windverband der Fahrbahn	Dayd, Paris	Der Eisenbau 1913, S. 141 Ann. des ponts et chaussées 1912 V, S. 251
16	Brücke Kaiser Peter d. Gr. üb. d. Newa i. St. Petersburg	1909 1911	2, je	134,30	18,40	1 : 7,3	7,90	4,20	19,20	26,50	3559	3680	8931	674	57 (79)	734	266	37	1034	—	Zweigelenkbogen mit Zugband	Steinpflaster auf Belageisen Gehwege mit Wellblech	Hauptträger 440 kg/qm	—	—	—	G. Kriwoschein, Petersburg; W. Apyschkoff; Rudzky & Co., Warschau	Der Eisenbau 1910, S. 320	
17	Brücke über die Elbe bei Schönebeck	1910 1912	Haupt-	133,56	19,00	1 : 7,1	7,42	4,50	7,48	13,00	1736	861	2344	361	in den Hauptträgern enthalten	361	124	11	496	—	Zweigelenkbogen mit Zugband Fahrbahn freischwebend	5 cm Asphalt auf Belageisen N. P. 11	1. Hauptträger 400 kg/qm 2. Fahrbahn: Wagen von 10 t und 400 kg/qm oder Wagen von 20 t oder Dampfwalze von 23 t	—	—	—	August Klönne, Dortmund	Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1913, S. 2014, 2056	
18	Kaiser-Wilhelm-Brücke über die Spree in Fürstenwalde	1913	Haupt-	71,00	11,00	1 : 6,5	5,92	2,10	8,10	12,10	859	431	1720	285	17 (26)	302	178	11	491	310	Zweigelenkbogen mit Zugband Querträger und Hängepfosten steif verbunden	5 cm Kleinpflaster auf Belageisen Burb. Hütte Nr. 12	1. Hauptträger 500 kg/qm 2. Fahrbahn: Wagen von 20 t, Dampfwalze von 23 t 3. Fußwege 500 kg/qm	1. Hauptträger: $k_g + p = 1000$ kg/qcm; $k_g + p + w = 1200$ kg/qcm; $k_g + p + w + t = 1400$ kg/qcm; 2. Fahrbahn = 800 kg/qcm	—	K. Bernhard, Berlin; Union, Dortmund; Habermann & Guckes, Akt.-Ges., Berlin	Deutsche Bauztg. 1914, S. 105, 116 Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1915		

*) Die eingeklammerten Zahlen stellen die wirklichen, also nicht auf die Brückenbreite b verteilten Gewichte der Querverbindungen dar.

Massen und Kosten ausgeführter Plattenbalkenbrücken (Straßenbrücken).

Tafel III.

Nr.	Bauwerk	Erbauung	Lichtweite <i>l</i> m	Stützweite <i>l</i> m	Plattenbalken- höhe <i>h</i> m	Höhen- verhältnis $v = \frac{h}{l}$	Platten- stärke <i>d</i> m	Brücken- breite zwischen den Geländern <i>b</i> m	Auskragung der Konsolen <i>c</i> m	Rippen- zahl <i>n</i>	Rippen- abstand <i>a</i> m	Rippenbreite <i>β</i> m	Massen für 1 qm Fahrbahn			Eiseneinlagen d. Fahrbahnrippen		Grund- fläche $F = l \cdot b$	Kosten				Brückenkosten		Belastungsvorschriften	Bemerkung	Ausführung	Quellenangabe
													Beton cbm	Schalung qm	Eisen- einlagen kg	Anzahl und Durch- messer Durchm. in mm	Quer- schnitt <i>f_e</i> qcm		des Überbaues		der Widerlager		im ganzen <i>M</i>	für 1 qm Grund- fläche <i>M/qm</i>				
																			im ganzen <i>M</i>	für 1 qm Grund- fläche <i>M/qm</i>	im ganzen <i>M</i>	für 1 qm Grund- fläche <i>M/qm</i>						
1	Nonnenbrücke über den Kanal in Bamberg	1903/04	20,95	21,90	1,78	1 : 12,3	0,16	9,00	—	7	1,73	0,30	0,41	2,6	123	oben 5 R.-E. 30 unten 9 R.-E. 52	226,5	—	—	—	—	—	—	—	Dampfwalze von 18 t	Trägerhöhe nach den Auflagern abnehmend; mittlere Höhe 1,48 m	Dyckerhoff & Widmann Akt.-Ges. Nürnberg	Deutsche Bauztg. 1905, Mitt. S. 1 Handb. f. E., 2. Aufl., Bd. VI, S. 82
2	Überführung der Germaniastraße über die Rixdorf-Mittenwalder Kleinbahn in Berlin-Tempelhof	1905	11,92	1) 12,92	1,10	1 : 11,4	0,20	14,00	—	12	1,00 [2] 2,30	0,40	0,58	2,9	86	11 R.-E. 33	94,1	181	3) 8 723	48	12 897	71	21 620	119	Dampfwalze von 23 t, Fußwege: 500 kg/qm	1) gerechnet mit $l = 12,4$ m 2) unter den Fußwegen 3) ohne Fahrbahndecke und Geländer	Act.-Ges. für Beton- und Monierbau, Berlin Ph. Holzmann & Co., Berlin	Deutsche Bauztg. 1907, Mitt. S. 61
3	Überführung des Mariendorfer Weges über die Rixdorf-Mittenwalder Kleinbahn in Berlin-Tempelhof	1905	9,19	10,19	0,75	1 : 13,6	0,20	10,00	—	9	1,00 [1] 1,78	0,45	0,46	2,1	103	11 R.-E. 36	112,0	102	2) 5 067	50	9 874	97	14 941	147	Dampfwalze von 23 t, Fußwege: 500 kg/qm	1) unter den Fußwegen 2) ohne Fahrbahndecke und Geländer	desgleichen	Deutsche Bauztg. 1907, Mitt. S. 61
4	Brücke über die Warthe bei Neustadt, Posen	1906/09	10 × 20,00	21,00	1,70	1 : 12,4	0,15	7,10	1,35	5	1,10	0,40	0,64	3,4	251	oben 10 R.-E. 47 unten 8 R.-E. 47	312,3	1835	—	—	—	—	1) 456 000	248	Dampfwalze von 20 t und 300 kg/qm	Trägerhöhe nach den Auflagern abnehmend; mittlere Höhe 1,45 m 1) ohne Fahrbahn- und Fußwegdecke und Rampen, einschl. Geländer Flutbrücke 57 m lang, Strombrücke 201,50 m lang	Windschildt & Langelott, Dresden	Bericht über die XIII. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins 1910, S. 95 Handb. f. E., Bd. VI, S. 82
5	Brücke über die Mulde in Aue, Sachsen	1907	22,66	23,96	1,98	1 : 12,1	0,30	5,00	1,00	2	3,00	0,60	0,75	2,4	83	16 R.-E. 40	201,1	120	—	—	—	—	15 000	125	Dampfwalze von 23 t	—	Act.-Ges. für Beton- und Monierbau, Leipzig	Beton u. Eisen 1908, S. 287
6	Brücke über die Dosse in Ost-Priegnitz (Chaussee Stolpe-Tramitz), Sachsen	1907	13,00	13,75	1,05	1 : 13,1	0,15	7,50	0,80	6	1,18	0,35	0,44	2,6	78	oben 5 R.-E. 28 unten 11 R.-E. 28	98,5	103	1) 4 750	46	8 250	80	13 000	126	Dampfwalze von 18 t + 50 vH. Zuschlag	1) ohne Fahrbahndecke und Geländer	desgleichen	desgleichen
7	Brücke über den Schussenkanal in Ravensburg	1908	11,00	11,70	1,00	1 : 11,7	0,15	6,80	0,45 u. 0,85	5	1,40	0,30	0,35	2,2	62	oben 3 R.-E. 20 unten 8 R.-E. 34	82,1	80	1) 4 248	53	—	—	—	—	Dampfwalze von 16 t und 500 kg/qm	1) ohne Fahrbahndecke und Geländer	Buchheim & Heister, Frankfurt a. M.	Beton u. Eisen 1909, S. 258 u. 285 Handb. f. E., Bd. VI, S. 82
8	Brücke über die Aue in Wunstorf	1908	13,00	14,00	1,00	1 : 14,0	0,18	5,75	—	5	1,35	0,35	0,41	3,7	73	oben 3 R.-E. 20 unten 8 R.-E. 38	100,2	—	—	—	—	—	—	—	Dampfwalze von 18 t und Menschengedrange	—	Wunstorfer Zementindustrie G. m. b. H. Wunstorf	Beton u. Eisen 1909, S. 335
9	Brücke über die Pleiße in Gößnitz, Sachsen-A.	1909	18,00	19,00	1,40	1 : 13,6	0,25	10,25	1,375	7	1,25	0,48	0,71	2,8	91	11 R.-E. 36	112,0	195	13 000	67	1) 3 000	15	16 000	82	Wagen von 24 t und Menschengedrange	1) Kosten eines Widerlagers, da eines vorhanden war	Act.-Ges. für Beton- und Monierbau, Leipzig	Nach Angaben der Firma
10	Brücke an der Schrey-Mühle (Chaussee Wusterhausen-Gottberg) in der Mark	1909	6,80 - 8,00	7,50 - 8,70	0,90	1 : 8,6 - 1 : 9,9	0,17	6,50	—	5	1,525	0,40	0,37	2,0	47	11 R.-E. 26	58,4	53	1) 2 450	46	5 300	100	7 750	146	Dampfwalze von 20 t und 400 kg/qm	1) ohne Fahrbahndecke und Geländer	Act.-Ges. für Beton- und Monierbau, Berlin	desgleichen
11	Brücke über die Fietze in der Mark	1909	8,00	8,80	0,85	1 : 10,4	0,15	7,50	0,50	6	1,30	0,30	0,34	2,1	45	8 R.-E. 25	39,3	66	1) 3 700	56	15 000	228	18 700	284	Dampfwalze von 23 t und 400 kg/qm	1) ohne Fahrbahndecke und Geländer	desgleichen	desgleichen
12	Brücke über die Leine bei Heiligenstadt, Eichsfeld	1909	12,00	12,50	0,93	1 : 13,5	0,155	8,50	—	7	1,27 [1] 1,89	0,28	0,36	2,2	56	4 R.-E. 32 6 R.-E. 28	69,1	106	2) 4 800	45	4 200	40	9 000	85	Dampfwalze von 20 t und 400 kg/qm	1) unter dem einen Fußweg 2) ohne Fahrbahndecke, einschl. Geländer	desgleichen	desgleichen
13	Brücke über das alte Jütchendorfer Fließ i. d. Mark	1910	4,42	5,20	0,65	1 : 8,0	0,16	6,50	0,85	5	1,20	0,40	0,33	1,8	27	8 R.-E. 20	25,1	34	1) 1 620	48	3 800	111	5 420	159	desgleichen	1) ohne Fahrbahndecke und Geländer	desgleichen	desgleichen
14	Brücke über die Nuthe bei Jütchendorf i. d. Mark	1910	12,00	13,00	1,05	1 : 12,4	0,20	6,50	0,85	5	1,20	0,45	0,54	2,4	71	12 R.-E. 30 5 R.-E. 20	100,5	85	1) 5 200	61	6 400	75	11 600	136	desgleichen	1) ohne Fahrbahndecke und Geländer	desgleichen	desgleichen
15	Brücke über den Ems-Weser-Kanal, Seitenöffnung (Chaussee Niederwöhren-Wiedensahl)	1910/11	9,50	10,00	0,97	1 : 10,3	i. M. 0,19	7,80	—	4	2,06	0,42	0,36	1,8	48	10 R.-E. 32	80,4	78	—	84	—	59	—	1) 143	Dampfplugs-Lokomobile von 23 t und 560 kg/qm	1) s. Tafel IV, Nr. 6	desgleichen	desgleichen
16	Brücke über den Flutgraben im Zuge der Bahnhofstraße in Erfurt	1911	23,50	24,50	2,14	1 : 11,4	0,28	16,15	1,10	8	2,00 (2,475 1,475)	0,45 [1] 0,60	0,85	3,3	120	unten 3 R.-E. 40 oben 17 R.-E. 40	251,3	396	2) 26 000	66	—	—	2) 26 000	66	Kesselwagen von 30 t und 400 kg/qm	1) untere Verbreiterung 2) ohne Fahrbahndecke und Geländer 3) die Widerlager waren vorhanden	desgleichen	desgleichen



Massen und Kosten ausgeführter Eisenbeton-Bogenbrücken (Straßenbrücken).

Nr.	Bauwerk*)	Er- bauung	Öffnung	Licht- weite l_0	Stütz- weite l	Pfeil- höhe f	Pfeil- ver- hält- nis $\mu = \frac{f}{l_0}$	Feld- weite λ	Abstand der		Gewölbe- bzw. Bogenstärke				Eisen- einlagen des Gewölbes bzw. eines Bogens Durchm. in mm	Be- weh- rungs- ziffer im Scheitel $\nu = \frac{100 f e}{f b}$	Grundfläche $F = l_0 \cdot b (l \cdot b)$	Massen für 1 qm Brückengrundfläche												Gesamtmassen für 1 qm Grundfläche			Kosten				Brückenkosten		Art des Tragwerks	Belastungsvorschriften	Bemerkung	Entwurf Ausführung	Quellenangabe					
									Haupt- träger a	Längs- träger α	Brücken- breite zwischen den Geländern b	Gewölbe- bzw. Bogenbreite β	Schei- tel s_1	Kämp- fer s_2				Bruch- fuge s_3	Mitt- lere Stärke	Fahrbahn			Stütz- bzw. Hänge- pfosten			Querverbindungen			Gewölbe bzw. Bogen			Zugband			Beton	Scha- lung	Eisen- ein- lagen	des Überbaues						der Widerlager		im ganzen	für 1 qm Grund- fläche	
																				Beton	Scha- lung	Eisen- ein- lage	Beton	Scha- lung	Eisen- ein- lage	Beton	Scha- lung	Eisen- ein- lage	Beton	Scha- lung	Eisen- ein- lage	Beton	Scha- lung	Eisen- ein- lage				im ganzen						für 1 qm Grund- fläche	im ganzen			für 1 qm Grund- fläche
									qm	ebm	qm	kg	ebm	qm				kg	ebm	qm	kg	ebm	qm	kg	ebm	qm	kg	ebm	qm	kg	ebm	qm	kg	ebm	qm	kg	ebm	qm						kg	M	M/qm	M	M/qm
A. Brücken mit durchgehenden Gewölben und aufgelösten Zwickeln.																																																
1	Isarbrücke bei Grünwald	1903/04	2 Haupt- öffnungen je	—	70,00	12,80	1:5,5	4,00	—	1,775 bezw. 1,90	8,00	8,00	0,75	0,90	1,20	0,95	18 R.-E. 28	0,18	560	0,36	1,5	27	0,16	1,4	21	—	—	—	1,03	1,3	17	—	—	—	1,55	4,2	65	—	—	—	—	1) 260 000	148	Dreigelenkbogen	Dampfwalze von 20 t und 400 kg/qm	1) Gewicht der Gelenke: 9 kg/qm; Grundfläche einschl. Seitenöffnungen: $220 \cdot 8 = 1760$ qm	Mörsch, Neustadt a. d. H.; Eisenbetongesellschaft München; (Wayss & Freytag und Heilmann & Littmann, München)	Schweiz. Bauztg., Bd. XLIV, Nr. 23 u. 24, Sonderdruck Rascher & Cie., Zürich 1910
2	Gmündertobel-Brücke bei Teufen (Kanton Appenzell)	1907/08	Haupt- öffnung	79,00	—	26,50	1:3,0	4,50	—	1,867	6,90	1) 6,50 2) (7,50)	1,20	2,10	—	1,65	28 R.-E. 28	0,22	545	0,33	1,5	28	0,26	2,1	35	—	—	—	1,96	1,9	32	—	—	—	—	—	—	—	2) 174 000	320	Eingespannter Bogen	Dampfwalze von 20 t und 450 kg/qm	1) im Scheitel 2) an den Kämpfern 3) Kosten der Hauptöffnung ohne Pfeiler	Mörsch, Neustadt a. d. H.; Froté, Westermann & Co., Akt.-Ges. Zürich	Schweiz. Bauztg., Bd. LIII, Nr. 7 bis 10, Sonderdruck Rascher & Cie., Zürich 1909			
3	Halenbrücke in Bern	1911/13	Haupt- öffnung	87,15	—	33,50	1:2,6	6,43	—	2,08	8,50	1) 6,50 2) (7,64)	1,15	2,10	—	1,63	14 R.-E. 16 14 R.-E. 20	0,10 3) (0,07)	741	0,25	1,3	30	0,24	1,5	14	—	—	—	1,82	1,6	13	—	—	—	—	—	—	—	—	3) 389 000	191	Eingespannter Bogen	—	1) im Scheitel 2) an den Kämpfern 3) im Viertelpunkt 4) geschätzt 5) einschl. Seitenöffnungen: $240 \cdot 8,5 = 2040$ qm	J. Bollinger & Cie., Zürich Müller, Zeerleder & Gobat, Bern Favre & Cie., Zürich	Schweiz. Bauztg., Bd. LXIII, Nr. 15 u. 16, Zürich 1914		
B. Brücken mit einzelnen Bogenträgern ohne Zugband.																																																
4	Brücke üb. den Oder-Spree-Kanal bei Biegenbrück	1910	1 Öffnung	—	45,00	7,50	1:6,0	3,50	5,60	1) 5,60	4,90	0,70	0,80	1,20	—	1,00	32 R.-E. 20	1,79	221	0,40	2,0	33	0,03	0,4	12	0,03	0,2	2	0,31	1,2	40	—	—	—	0,77	3,8	87	2) 30 000	136	9 500	43	39 500	179	Dreigelenkbogen über der Fahrbahn	Dampfwalze von 6 t und 350 kg/qm	1) mittlere Längsträger fehlen 2) ohne Fahrbahndecke, einschließlich Geländer	Act.-Ges. für Beton- und Monierbau, Berlin	Armiertes Beton 1912, S. 91, und Angaben der Firma
5	Brücke über den Ems-Weser-Kanal bei Niedernholz	1909	1 Öffnung	—	47,90	8,02	1:6,0	3,50	6,90	1) 6,90	6,10	0,80	1,00	1,38	—	1,19	40 R.-E. 23	2,08	292	0,47	2,1	66	0,04	0,4	19	0,03	0,2	4	0,34	1,1	53	—	—	—	0,88	3,8	142	—	—	—	—	56 000	192	desgleichen	Dampfplugg-Lokomobile von 23 t und 400 kg/qm	1) desgleichen; 7 t Stahlgußgelenke (24 kg/qm) zu 450 M/t	desgleichen	Handb. f. E. (2. Aufl.), Bd. VI, S. 656 Beton u. Eisen 1913, S. 126
6	Brücke über den Ems-Weser-Kanal bei Niedernwöhren (Chaussee Niedernwöhren—Wiedensahl)	1910/11	Haupt- öffnung	—	49,90	8,15	1:6,1	2,80	2,04 (2,03)	2,06 (2,17)	7,80	0,70	0,85	0,97	1,10	0,97	10 R.-E. 18	0,44	389	0,27	1,1	15	0,08	0,9	5	—	—	—	0,49	1,9	16	—	—	—	0,84	3,9	36	45 900	84	31 900	59	1) 77 800	143	4 Dreigelenkbogen unter der Fahrbahn, verbunden am Rücken durch eine 0,15 m starke Platte	desgleichen	1) einschl. Seitenöffnungen: $70 \cdot 7,8 = 546$ qm; 8 t Stahlgußgelenke (21 kg/qm) zu 450 M/t	desgleichen	Handb. f. E., Bd. VI, S. 585 Beton u. Eisen 1913, S. 126
C. Brücken mit einzelnen Bogenträgern mit Zugband.																																																
7	Brücke über die Spree bei Lübben (Niederlausitz)	1908	Haupt- öffnung	25,00	26,50	3,88	1:6,8	1,70	6,60	fehlen	9,20	0,60	0,60	0,86	—	0,73	32 R.-E. 20	2,79	244	0,21	1,4	24	0,02	0,3	7	—	—	—	0,10	0,6	24	0,00	0,4	44	0,41	2,7	99	17 850	56	8 700	27	1) 26 550	83	2 Zweigelenkbogen mit Zugband	Dampfwalze von 20 t und 500 kg/qm	1) im ganzen $35 \cdot 9,2 = 322$ qm	Act.-Ges. für Beton- und Monierbau, Berlin	Armiertes Beton 1909, S. 110 Handb. f. E., Bd. VI, S. 649
8	Brücke über die Elster in Dölau (Sachsen)	1913	1 Öffnung	28,50	29,30	4,80	1:6,1	2,93	5,10	fehlen	7,70	0,60	0,73	0,93	—	0,83	26 R.-E. 26	3,15	226	0,24	1,4	43	0,02	0,3	9	0,01	0,1	1	0,15	0,6	36	0,07	0,3	44	0,49	2,7	133	1) 16 200	72	8 600	38	24 800	110	desgleichen	Dampfwalze von 15 t und Menschengedränge	1) ohne Fahrbahnbefestigung und Geländer	desgleichen	Nach Angaben der Firma
9	Überführung der Arndtstraße üb. die Staatsbahn in Königsberg i. Pr.	1909/10	Haupt- öffnung	32,50	34,00	6,40	1:5,3	1,68	8,70	fehlen	14,40	0,75	1,35	1,80	—	1,58	24 R.-E. 32	1,91	490	0,32	2,0	42	0,02	0,3	18	0,01	0,1	1	0,18	0,6	27	0,08	0,3	65	0,61	3,3	1) 153	160 000	43	130 000	35	2) 290 000	78	desgleichen	Dampfwalze von 23 t und 560 kg/qm	1) hierzu Stahlguß der Kipp-lager 2) einschl. Seitenöffnungen: $52 \cdot 14,4 + 200 \cdot 15,0 =$ rd. 3750 qm	desgleichen	Nach Angaben der Firma Vergl. ferner: Deutsche Bauztg. 1912, Mitt. S. 49 u. 57
10	Überführung der Kreisstraße Mestre—Mirano über die Staatsbahn bei Venedig	1911	Haupt- öffnung	40,30	41,50	7,50	1:5,5	2,70	9,50	1,20	8,50	1,00	1,80	1,80	—	1,80	18 R.-E. 35 8 R.-E. 30	2,03	353	0,31	2,7	59	0,07	0,7	34	0,04	0,4	5	0,31	1,7	57	0,05	0,3	87	0,78	5,8	1) 250	43 700	124	17 800	50	61 500	174	desgleichen Festes Federgelenk und Pendellager (Stahlgußpendel)	Wagen von 16 t, Straßenbahn mit Motorwagen von 16 t und Beiwagen von 12 t und 500 kg/qm	1) hierzu 2,43 t (7 kg/qm) Stahlguß und Gußeisen der Pendellager	Giuseppe Pasquali, Mestre	Beton u. Eisen 1914, S. 25

*) Die Bauwerke sind nicht nach Jahreszahlen, sondern zwecks besseren Vergleichs der Massen nach Ausführungsart bzw. Spannweiten geordnet.

S-96

S. 61

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297418