

ERGEBNIS DES IDEENWETTBEWERBES FÜR DIE DREI RHEINBRÜCKEN BEI MANNHEIM-LUDWIGSHAFEN, SPEYER UND MAXAU.

Von Reichsbahnbaumeister Weyher, Berlin.

I. Entwürfe für die Rheinbrücke bei Mannheim-Ludwigshafen.

In Übereinkommen mit der Reichsregierung, vertreten durch das Reichsverkehrsministerium, und den beteiligten Ländern Bayern und Baden hatte die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft zu einem Ideenwettbewerb für drei neue Rheinbrücken bei Mannheim-Ludwigshafen, Speyer und Maxau aufgefordert, um die Wahl des Systems und seiner Formgebung zu klären.

Nach den Wettbewerbsunterlagen, die dem Reichswettbewerbssausschuß vorgelegen hatten, waren für jede der drei Rheinbrücken gefordert:

1. Zwei Perspektiven der Überbauten, die in die den Unterlagen beigegebenen Lichtbildern einzutragen waren.
2. Ein Grundriß und ein Aufriß der Überbauten im Maßstab 1:500.
3. Ein Querschnitt durch die Überbauten, bei der Brücke bei Speyer durch die Strom- und Flutüberbauten, im Maßstab 1:100.

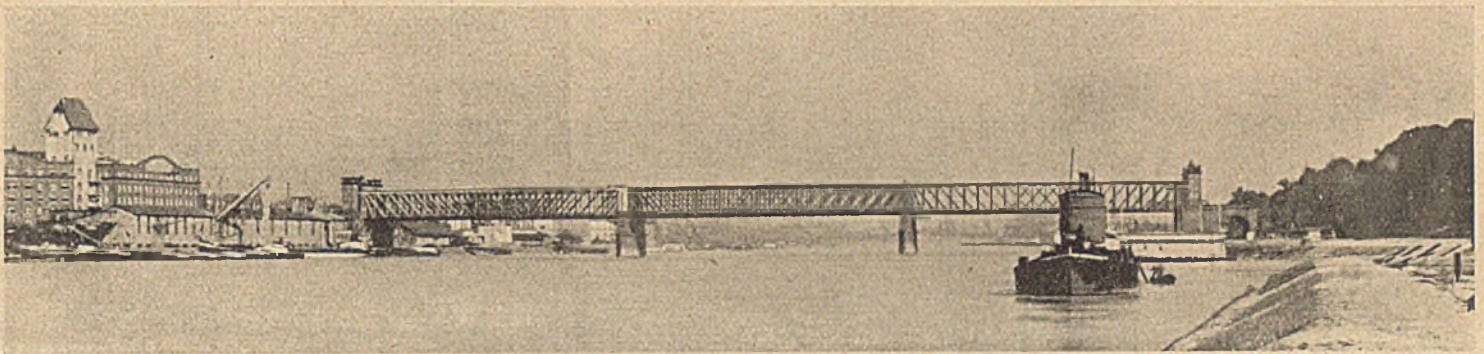


Abb. 1. Vorhandene Eisenbahn- und Straßenbrücke Mannheim—Ludwigshafen.

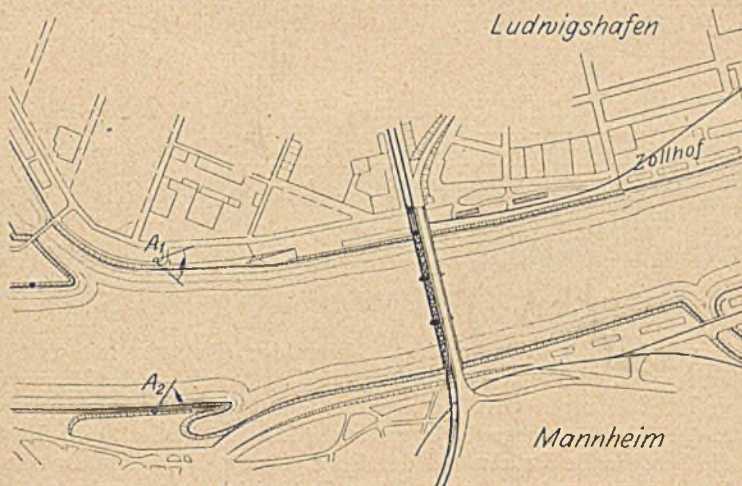


Abb. 3. Lageplan.

4. Ein kurzer Erläuterungsbericht.

Berechnungen und Kostangaben waren nicht verlangt, jedoch mußten die Entwürfe den allgemeinen statischen Verhältnissen Rechnung tragen. Der Baugrund durfte nur mit lotrechten Lasten beansprucht werden, also sämtliche Bogenschübe und Seilzüge mußten durch das System selbst aufgenommen werden. Auf die Gründung erstreckte sich der Wettbewerb nicht.

Die Wettbewerbsbedingungen waren absichtlich so einfach gehalten, um neben den großen Brückenbauunternehmen auch Einzelpersonen, Ingenieuren, Architekten, die Teilnahme zu ermöglichen und so zahlreiche Vorschläge für die neuen Brücken zu erhalten. Diese Erwartungen wurden durch die fristgemäße Einlieferung von 388 Entwürfen bestätigt und zwar für

- | | | |
|------------------------------------|-----|----------|
| 1. Mannheim-Ludwigshafen | 138 | Entwürfe |
| 2. Speyer | 125 | „ |
| 3. Maxau | 125 | „ |

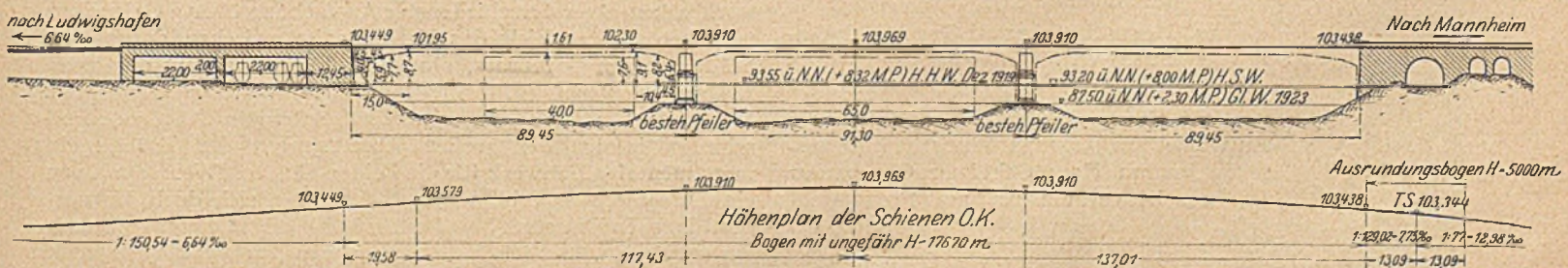


Abb. 4. Längsschnitt.

Bei dieser großen Anzahl mußten die Preisgerichte nacheinander stattfinden, zuerst tagte das Preisgericht für Mannheim-Ludwigshafen, das sich wie folgt zusammensetzte:

1. Herrn Ministerialdirektor Knaut (Reichsverkehrsministerium) (I)¹, als Vorsitzendem,
2. Herrn Ministerialrat Dr.-Ing. Ellerbeck (Reichsverkehrsministerium) (I),
3. Herrn Geheimen Baurat Dr.-Ing. Schaper (Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft) (I),
4. Herrn Reichsbahnoberrat Weidmann (Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft) (I),
5. Herrn Ministerialrat Vilbig (Bayern) (I),

Zwischen Mannheim und Ludwigshafen bestehen jetzt nebeneinander auf gemeinsamen Pfeilern eine zweigleisige Eisenbahnbrücke und eine zwischen den Hauptträgern 6,5 m breite Straßenbrücke, von denen letztere die Grenze der Aufnahmefähigkeit erreicht hat. Man hat deshalb die Lösung vorgeschlagen, die bestehende Eisenbahnbrücke zur Straßenbrücke umzubauen und daneben eine neue Eisenbahnbrücke herzustellen.

Die Überbauten der vorhandenen Eisenbahn- und Straßenbrücke bei Mannheim-Ludwigshafen (Abb. 1 und 2) sind je drei einzelne Netzwerkträger von je 91,3 m Stützweite und 10 m Trägerhöhe. Wenn auch der Fluß- und Hafenschiffahrt die Pfeiler sehr unerwünscht sind, so ist bei der schlechten wirtschaftlichen Lage Deutschlands in nächster Zeit kaum mit dem Ersatz der jetzigen Brücken durch weitergespannte zu rechnen. Darauf läßt auch schon der erwähnte Umbau der bestehenden Eisenbahnbrücke zur Straßenbrücke schließen. Die neue Eisenbahnbrücke soll in 15,5 m Achsenentfernung von der bestehenden unter Verlängerung der vorhandenen Pfeiler errichtet werden. (Abb. 3, 4, 5.) Die Konstruktionshöhe war in den Seiten-

Abb. 2. Vorhandene Eisenbahn- und Straßenbrücke Mannheim-Ludwigshafen.

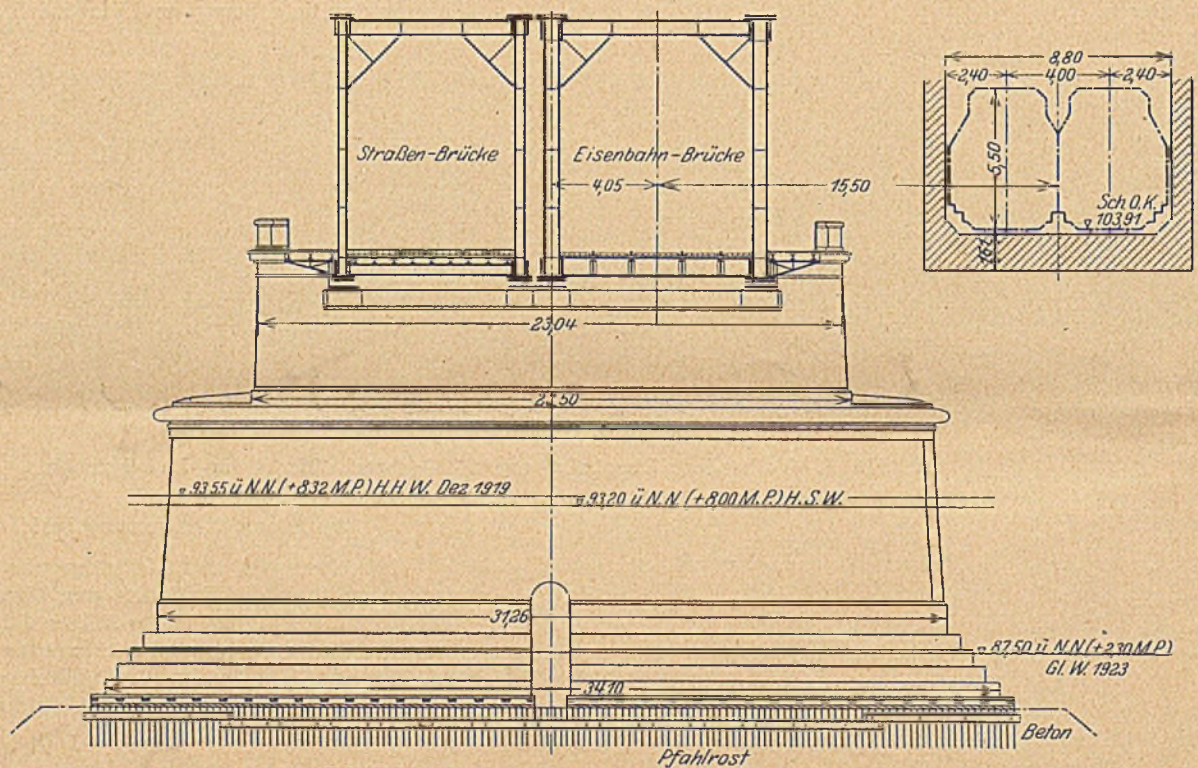


Abb. 5.

6. Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. Fischer (Bayern) (A)¹,
7. Herrn Ministerialdirektor Dr. Fuchs (Baden) (I),
8. Herrn Ministerialrat Prof. Dr. Hirsch (Baden) (A),
9. Herrn Oberbaudirektor Zizler (Mannheim) (A),
10. Herrn Stadtbaurat Graf (Ludwigshafen) (A).

Für Herrn Geheimrat Schaper, der wegen maßgebender Beteiligung an einem Entwurfe auf eigenen Wunsch hin auschied, nahm Herr Geheimer Oberbaurat Dr.-Ing. Zimmermann am Preisgericht teil.

öffnungen zu 1,61 m gegeben. Neben dem Entwurf mit 3 Öffnungen konnte auch eine Lösung mit Überbrückung des Rheines in einer einzigen Öffnung vorgeschlagen werden. Ferner war in den Wettbewerbsunterlagen ausdrücklich gefordert, daß „auf die bestehende Brücke bei der Formgebung der neuen Brücke Rücksicht zu nehmen ist“. Diese Rücksichtnahme suchten die einen Verfasser durch Anpassung, die anderen durch Gegensatz zu erreichen. Im ersteren Falle überwiegen die Fachwerkbalkenträger verschiedenster Ausfachung über 3 Öffnungen und betonen zugleich das Verbindende zwischen den beiden Städten. Den Gegensatz, ohne jedoch die Eigenart der alten Brücke zu verletzen, bringen die Vollwandbogenträger mit Zugband über einer Öffnung am stärksten zum Ausdruck und schaffen infolge der großen Abmessungen der Brücke ein monumentales Bauwerk für die beiden Städte. Wenn auch nur ein „Ideenwettbewerb“ vorlag, so mußten sich doch die vorgeschlagenen Entwürfe bei aller Freizügigkeit in einem technisch einwandfreien, ästhetisch befriedigenden und schließlich auch wirtschaftlichen Rahmen halten.

¹ I = Ingenieur, A = Architekt.

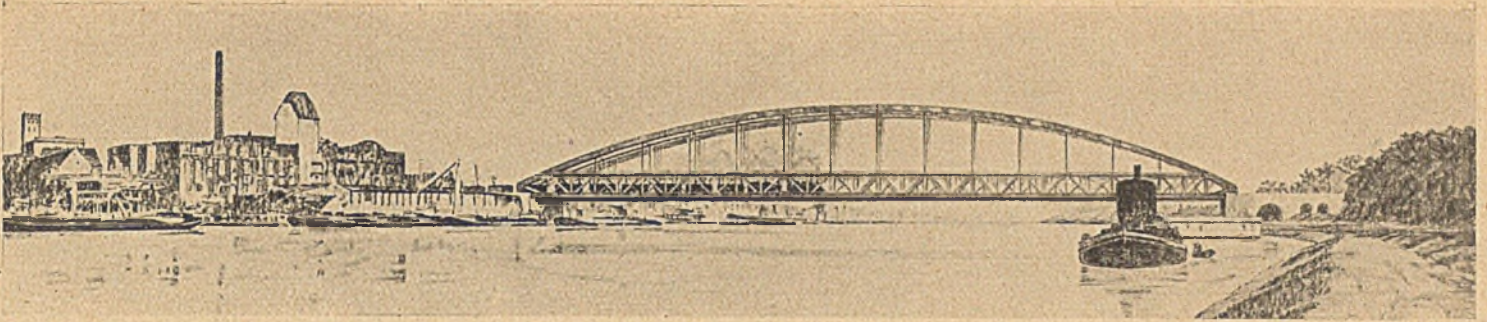


Abb. 6. Entwurf 7/8.

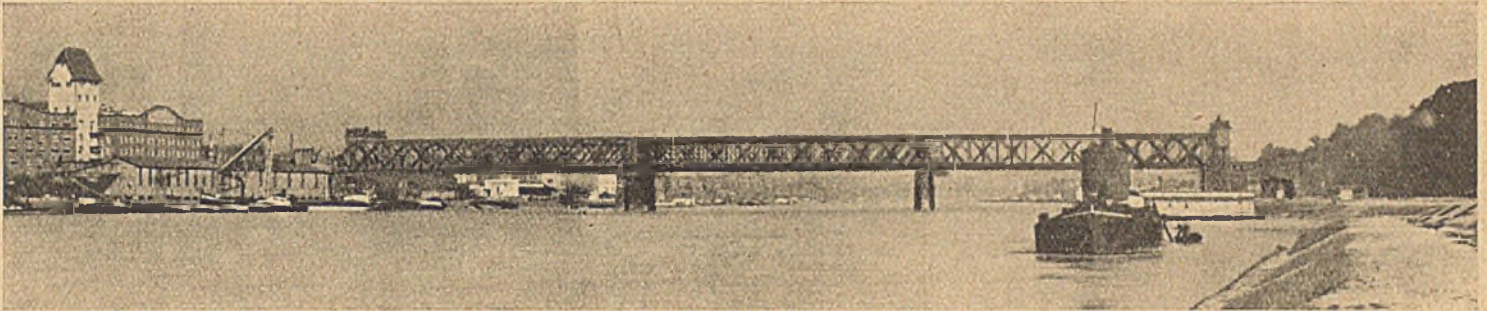


Abb. 10. Entwurf 9.

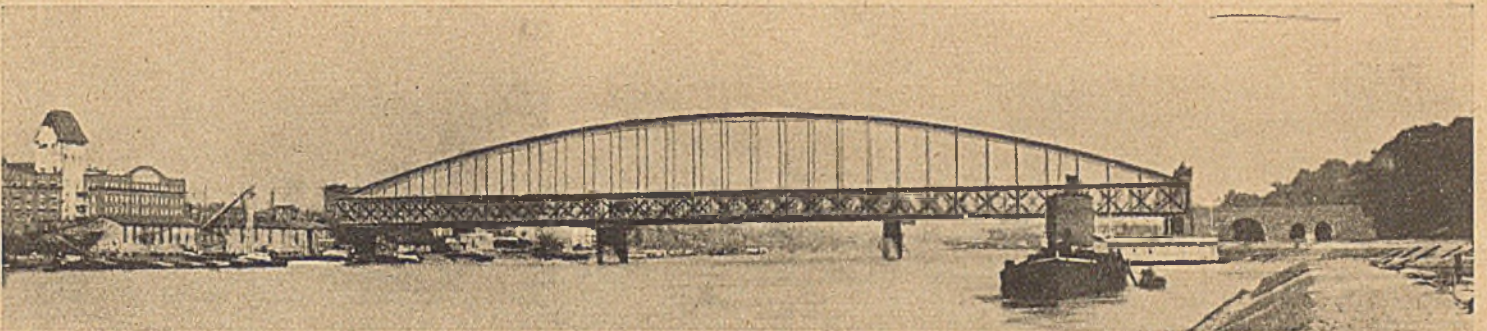


Abb. 11. Entwurf 21.

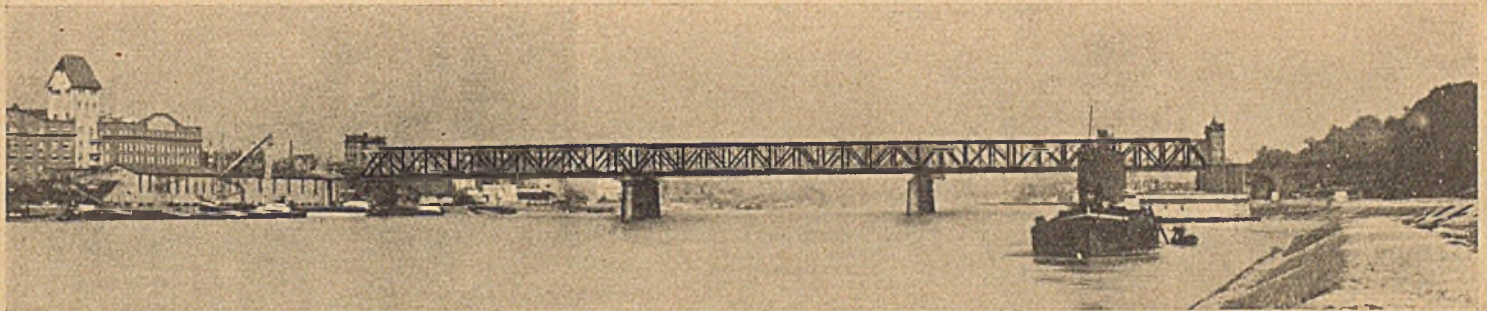


Abb. 14. Entwurf 433

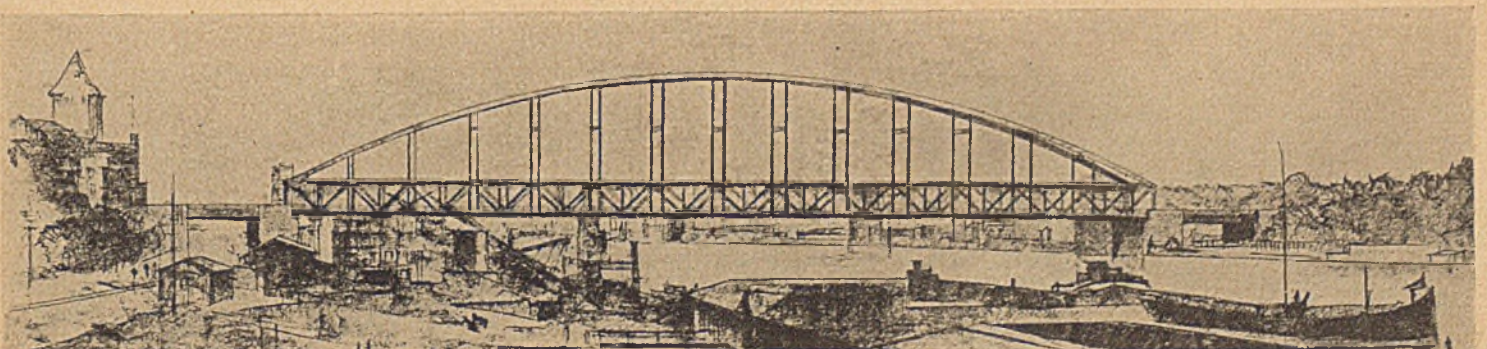


Abb. 16. Entwurf 15.

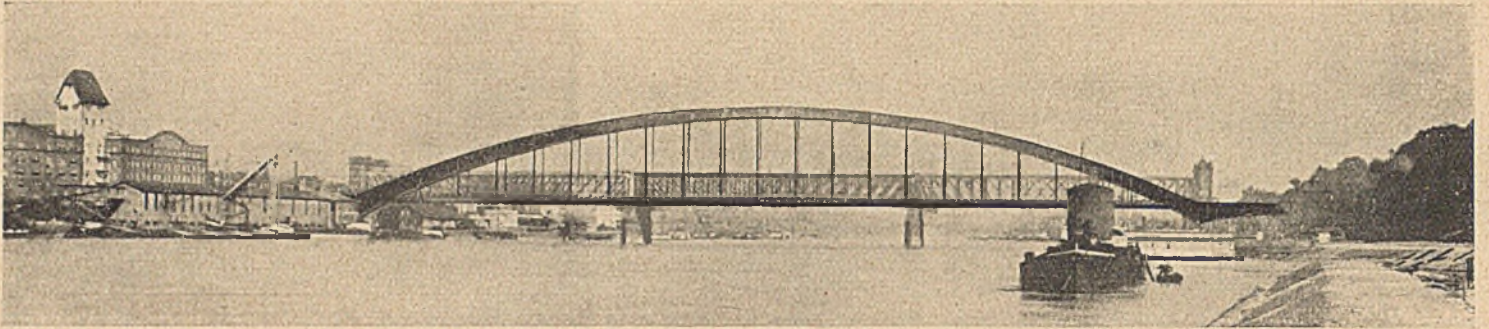


Abb. 20. Entwurf 35.

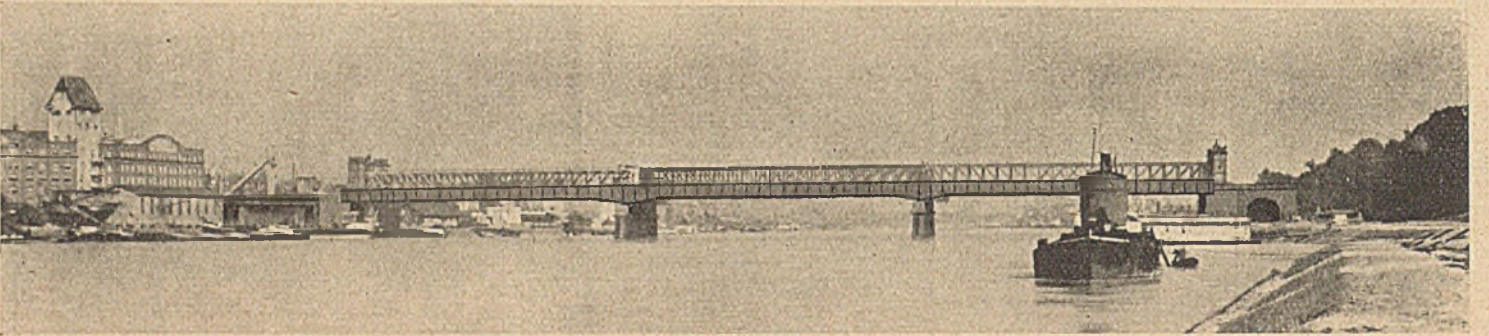


Abb. 22. Entwurf 105.

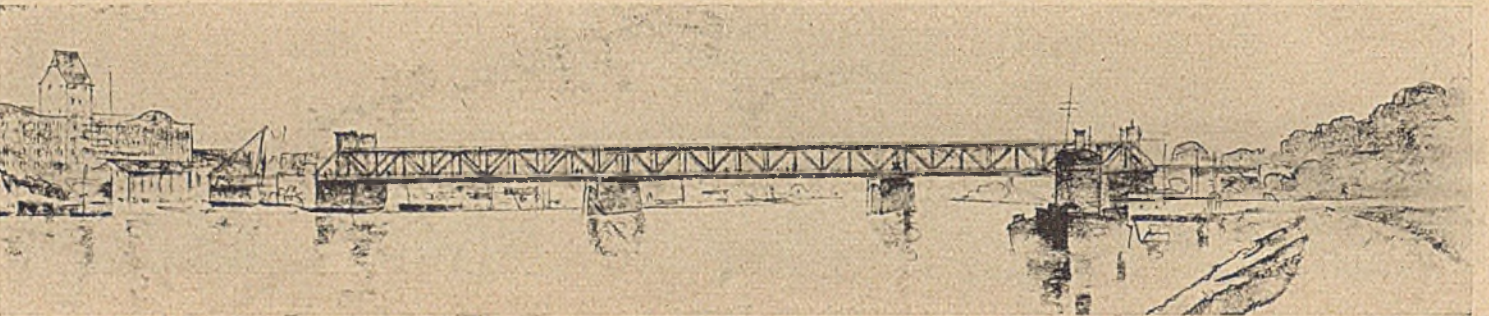


Abb. 26. Entwurf 16.



Abb. 27. Entwurf 33.

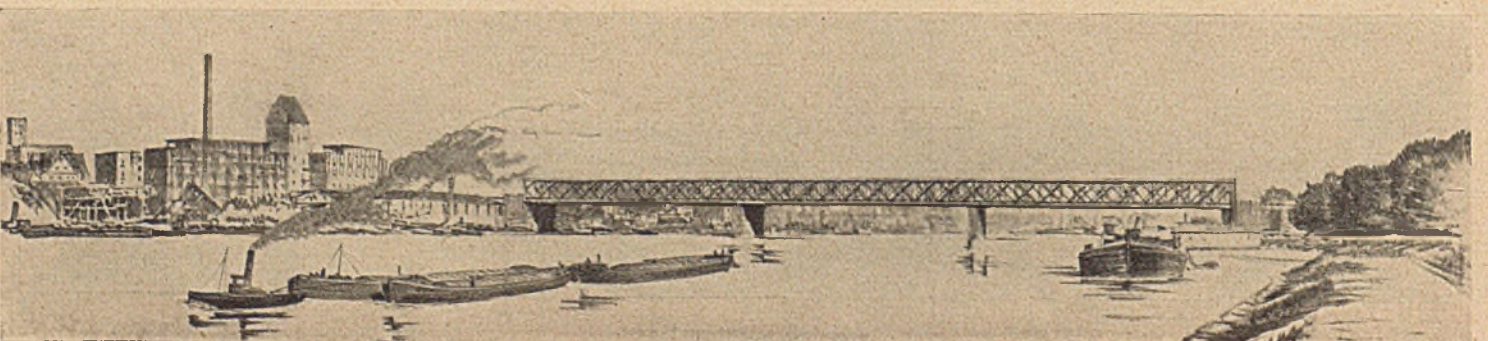


Abb. 28. Entwurf 73.

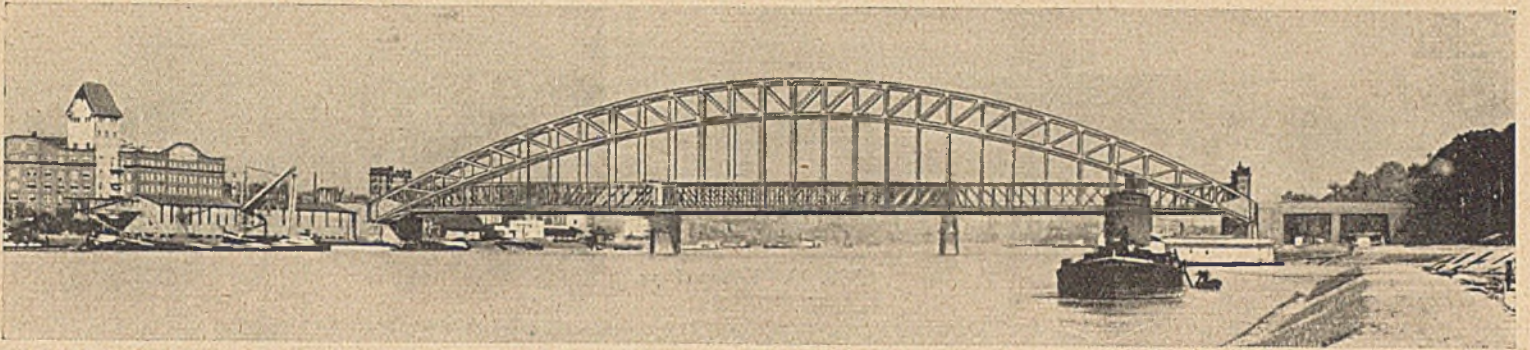


Abb. 30. Entwurf 85.

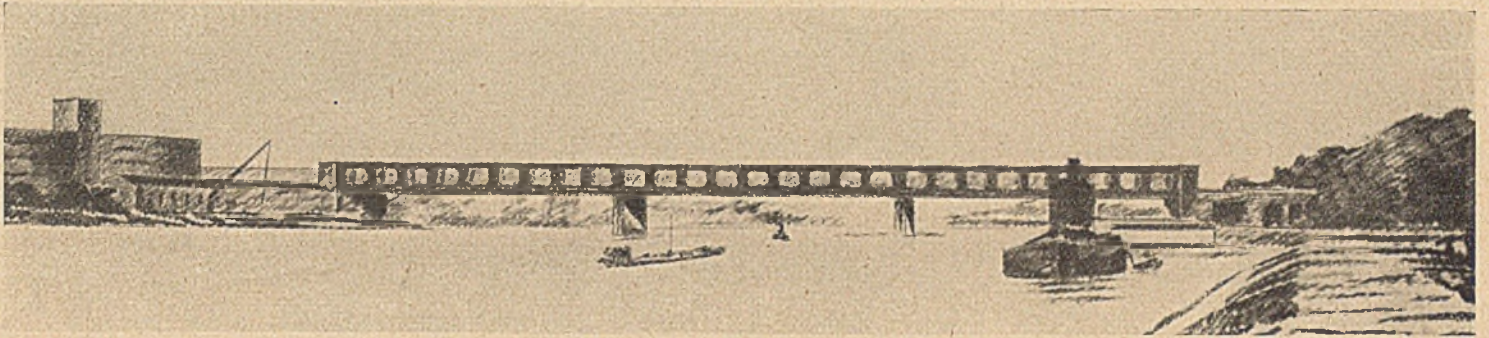


Abb. 31. Entwurf 12.

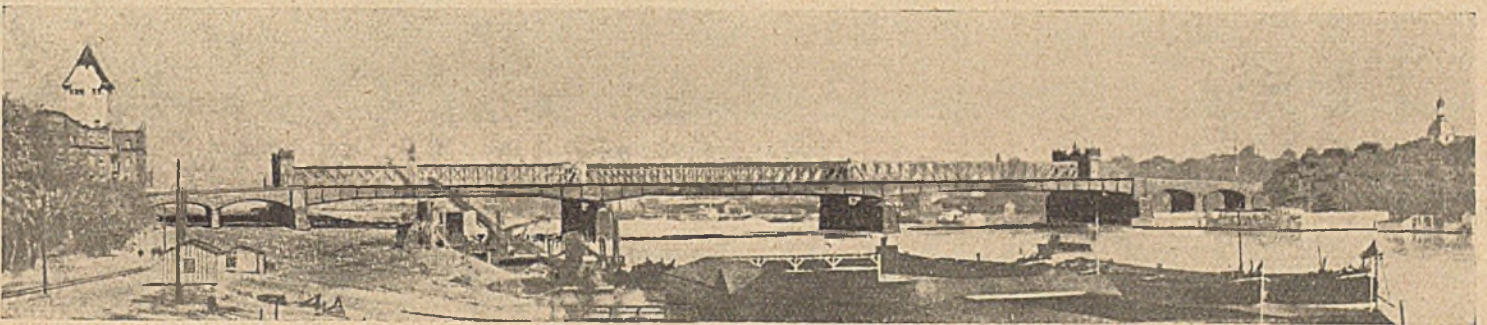


Abb. 32. Entwurf 102.

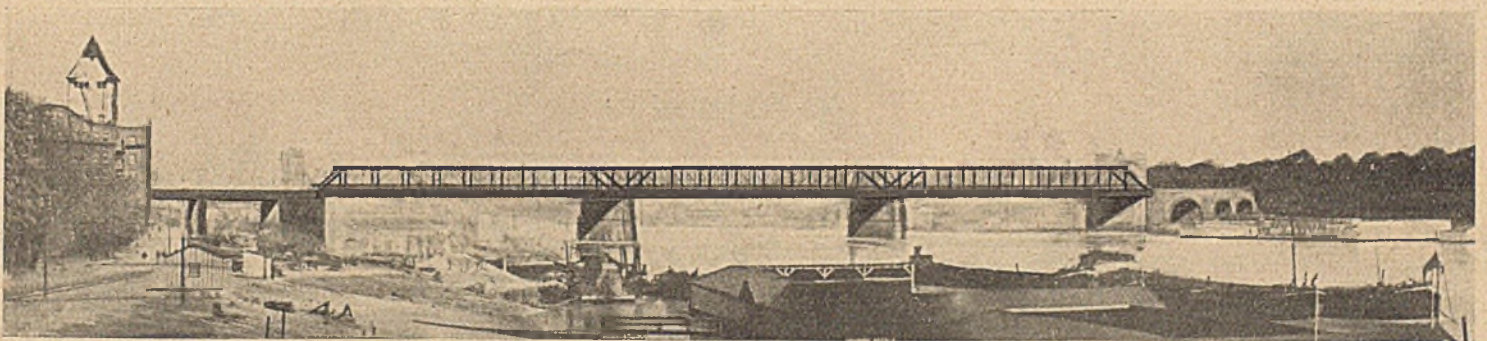


Abb. 34. Entwurf 39.

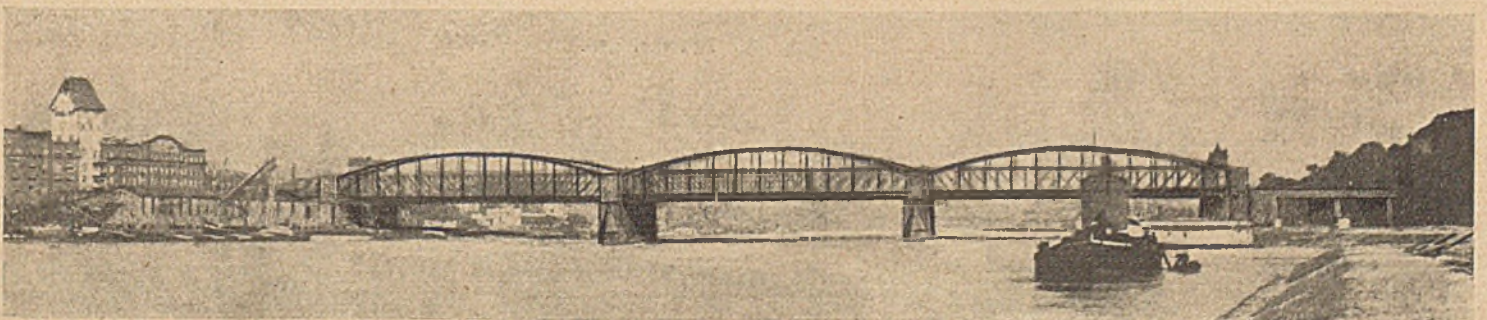


Abb. 36. Entwurf 77.

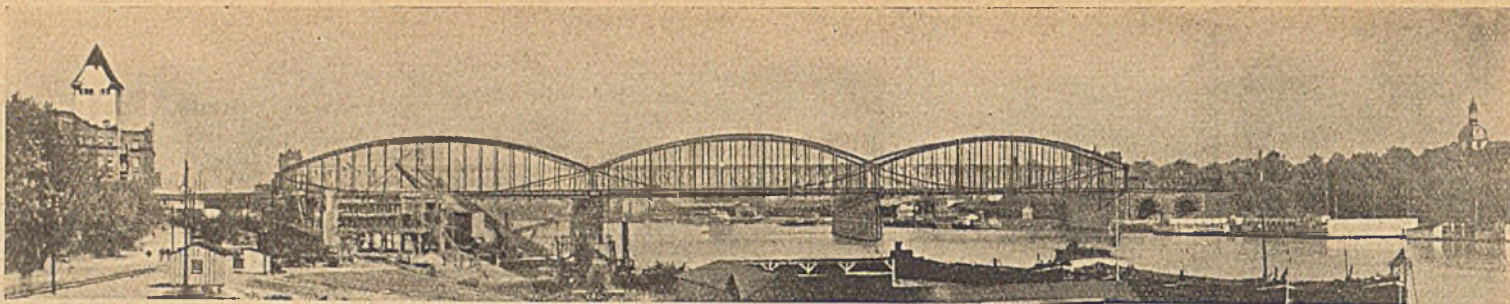


Abb. 38. Entwurf 79.

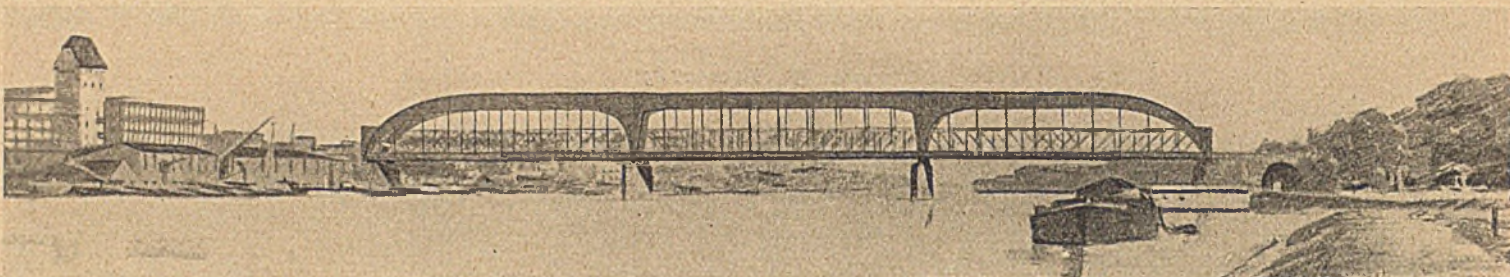


Abb. 40. Entwurf 57.

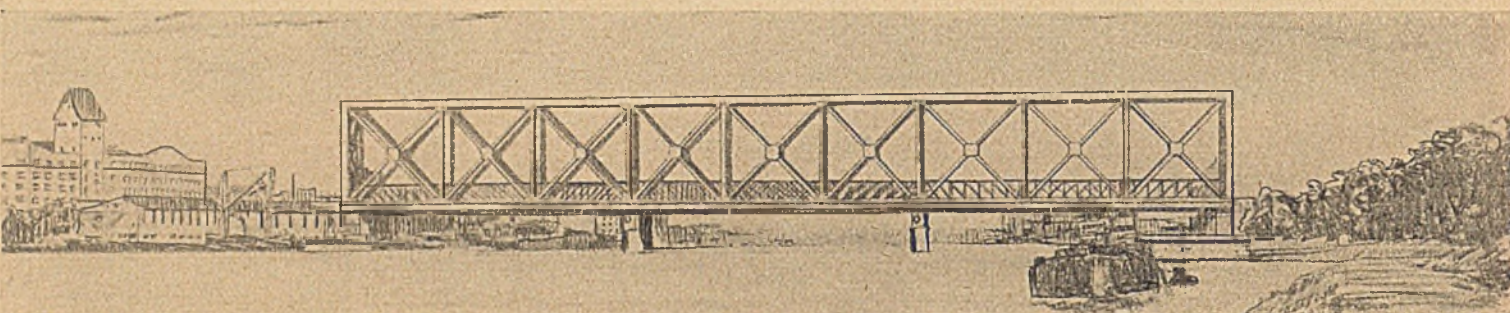


Abb. 41. Entwurf 70.

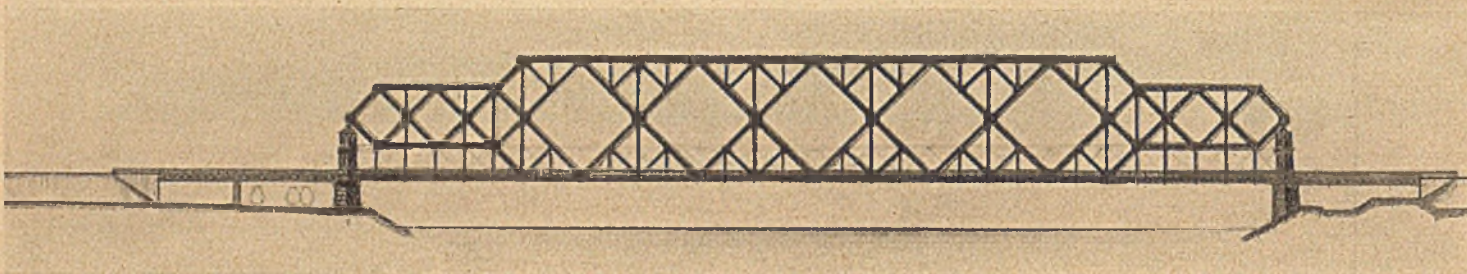


Abb. 42. Entwurf 122.

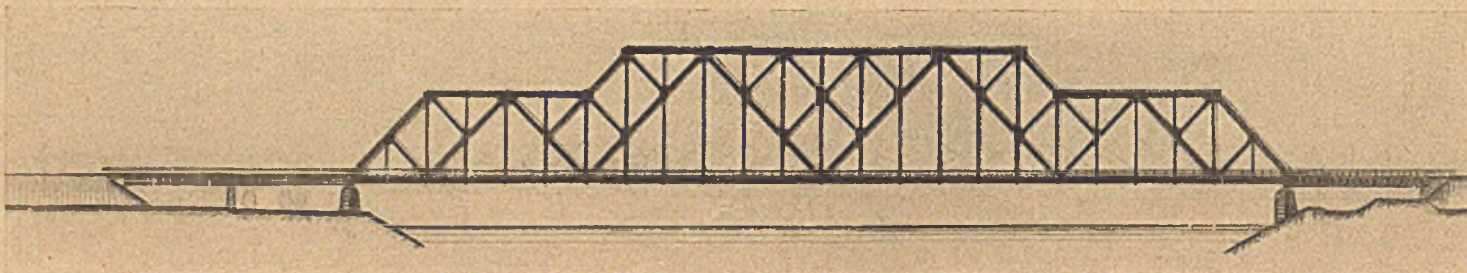


Abb. 43. Entwurf 126.

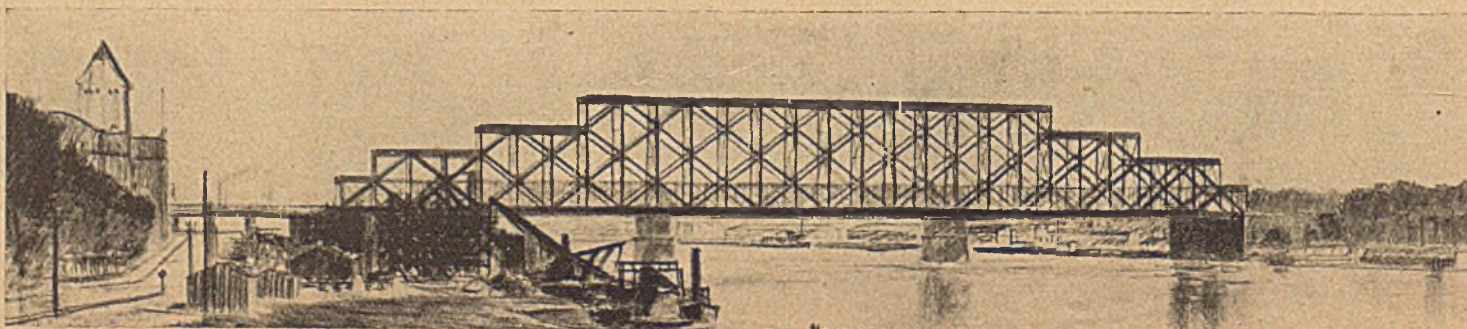


Abb. 44. Entwurf 131.

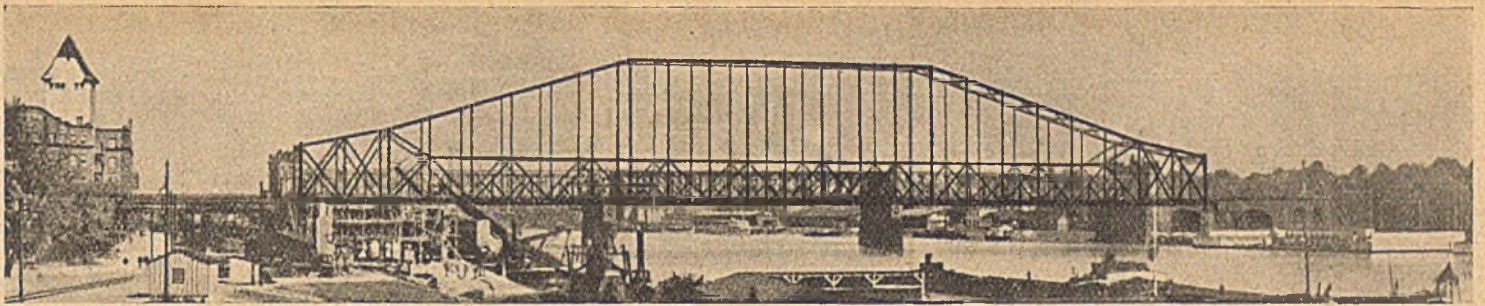


Abb. 45. Entwurf 137.

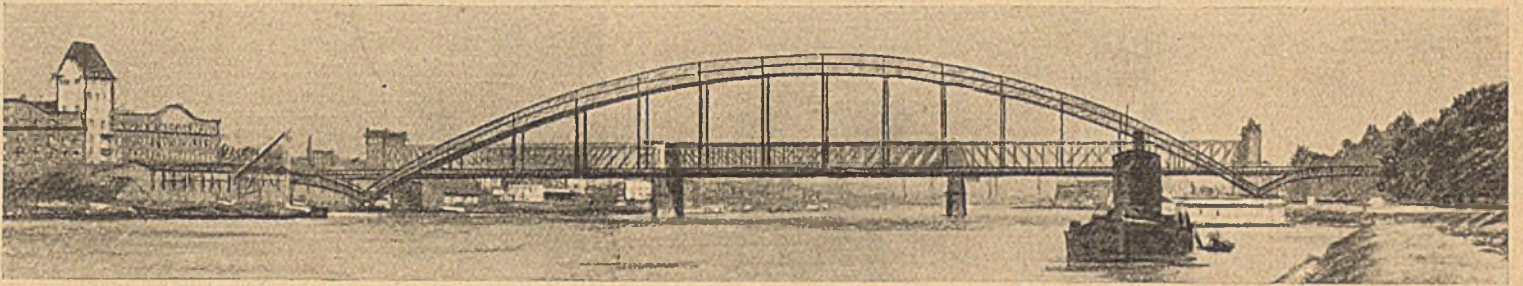


Abb. 46. Entwurf 32.

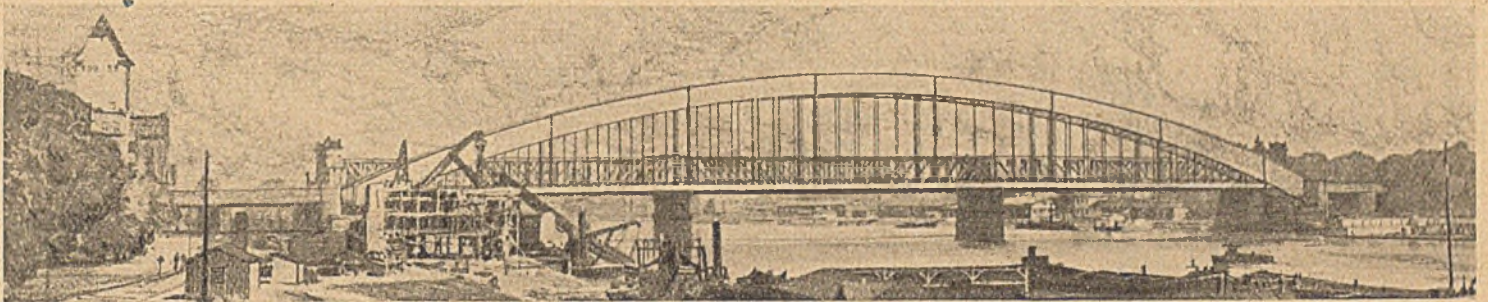


Abb. 47. Entwurf 69.

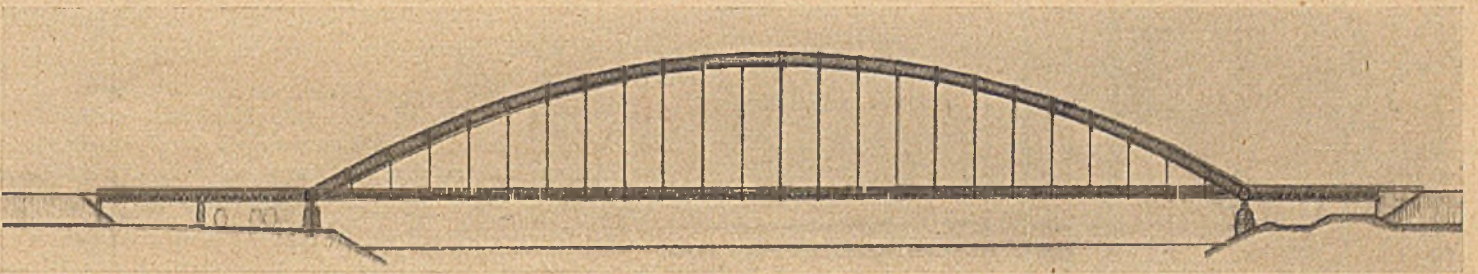


Abb. 48. Entwurf 124.

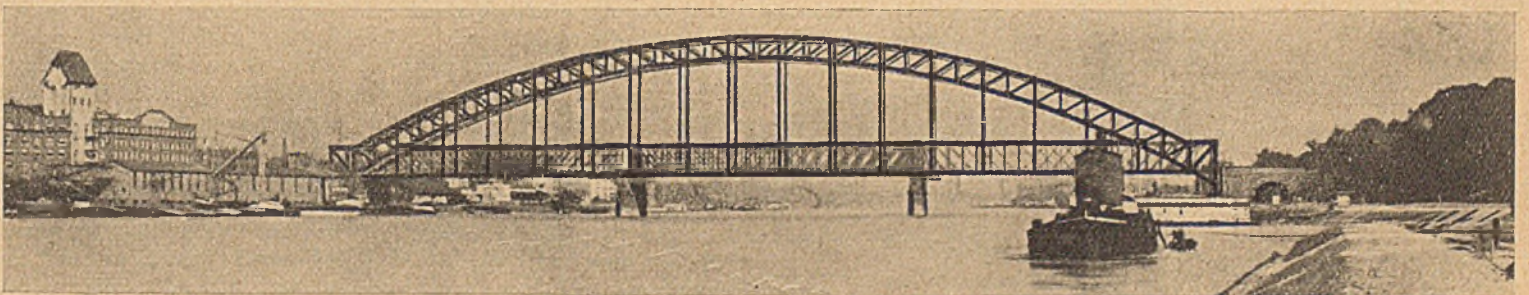


Abb. 50. Entwurf 138.

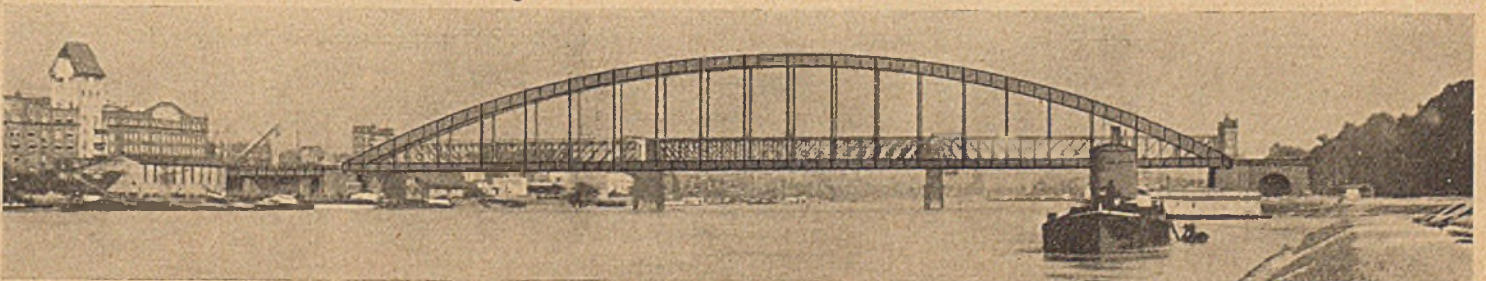


Abb. 52. Entwurf 96.

Ordnet man die Entwürfe nach Systemen, so ergibt sich folgende Übersicht:

A. 82 Brücken mit 3 Öffnungen:

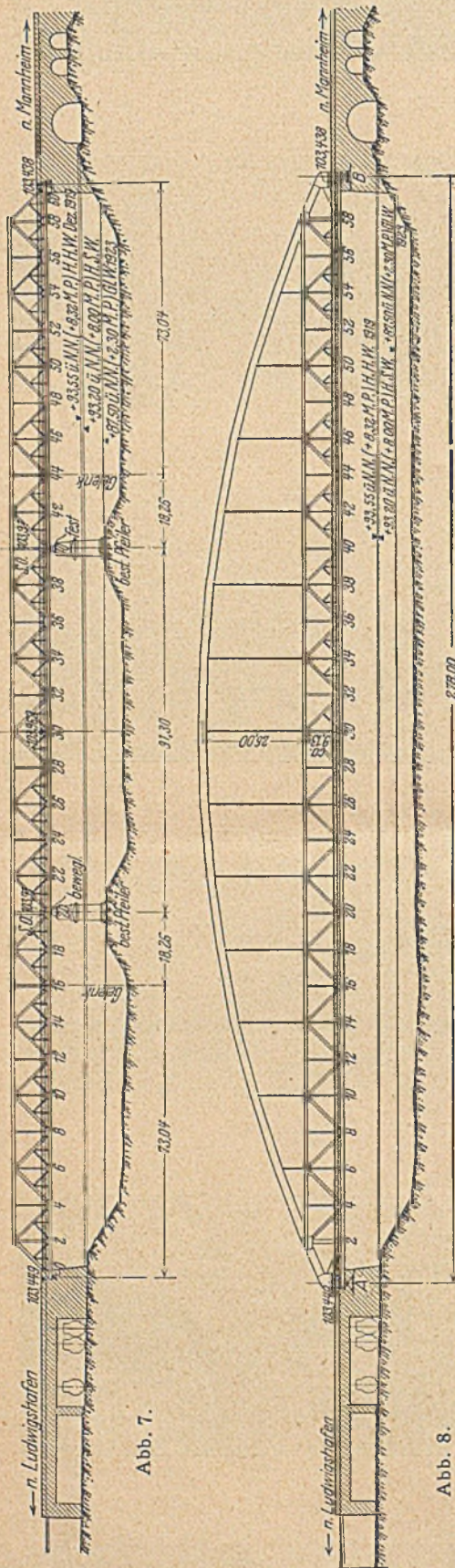


Abb. 7.

Abb. 8.

I. 71 Balkenträger;

a) 48 Parallelfachwerkträger, Ausfachung:

1. 9 Ständerfachwerke, davon 1 mit gekrümmtem Obergurt,
2. 5 Ständerfachwerke mit gekreuzten Streben,
3. 4 Strebenfachwerke ohne Pfosten, davon 2 mehrteilige Netzwerke,
4. 11 Strebenfachwerke mit Pfosten,
5. 13 Rautenfachwerke ohne Pfosten,
6. 6 Rautenfachwerke mit Pfosten,

b) 7 Vierendeelträger, davon 1 mit gekreuzten Streben und 1 mit Ständerfachwerkausbildung der Außenfelder,

c) 10 Vollwandträger.

d) 5 Vollwandträger mit Druckgurt, davon 4 versteift durch wagerechten Druckgurt und 1 versteift durch gekrümmten Druckgurt,

e) 1 Hängewerkträger,

II. 3 Rahmenträger mit Zugband,

III. 7 Bogenträger:

a) 5 Bogenträger mit Zugband,

b) 2 versteifte Stabbögen,

IV. 1 Kettenbrücke versteift durch Vollwandbogenträger mit Zugband.

B. 1 Brücke mit 2 Öffnungen².

C. 55 Brücken mit 1 Öffnung:

I. 7 Balkenträger:

- a) 5 Fachwerkträger,
- b) 1 Vollwandträger,
- c) 1 Hängewerkträger,

II. 1 Vollwandrahmenträger mit Zugband,

III. 47 Bogenträger:

- a) 6 Fachwerkbogenträger, davon 2 Sichelbogenträger, 1 Bogenzwickelträger,
- b) 19 Vollwandbogenträger, davon 5 Sichelbogenträger,
- c) 18 versteifte Stabbögen mit Ausfachung der Versteifungsträger als
 1. 3 Ständerfachwerke,
 2. 8 Strebenfachwerke mit Pfosten,
 3. 3 Rautenträger ohne Pfosten,
 4. 2 Rautenträger mit Pfosten,
 5. 1 Vierendeelträger,
 6. 1 Vollwandträger,
- d) 4 Bogenrahmenträger: (Biegezugtragende Bogenträger mit biegezugfesten Zugbalken), davon 2 mit Fachwerkzugbalken und 2 mit Vollwandzugbalken.

An Hand der Erläuterungsberichte sowie der mit gütiger Erlaubnis der Verfasser hergestellten Lichtbilder von Wettbewerbsentwürfen (s. Abb.) mögen einige charakteristische Vorschläge gezeigt und erörtert werden. Hierbei sollen neben konstruktiven Angaben auch die Gedankengänge dargelegt werden, aus denen heraus die Entwürfe entstanden und beurteilt worden sind. Zunächst seien die preisgekrönten und angekauften sowie die übrigen Entwürfe der engsten Wahl besprochen, die das Preisgericht etwa wie folgt begutachtete:

1. Preis: Entwurf Nr. 7/8, Kennzahl 2141887, Abbildung 6, 7, 8, 9. Zivilingenieur E. M. Kilgus, Breslau, Perspektiven dargestellt von Kunstmaler Gerhard Beuthner und Architekt Pfafferott, beide in Breslau.

Im vorliegenden Entwurfe soll der Rhein unter Verlängerung der bestehenden Pfeiler zunächst mit einem über 3 Öffnungen durchlaufenden Parallelfachwerkträger mit abgeschragten Enden und je einem Gelenk in den Seitenöffnungen überbrückt werden. Die Ausfachung mit fallenden und steigenden Streben mit Unterteilung erfolgt in gleicher Neigung wie bei den bestehenden Überbauten. Der Kragträger der Mittelöffnung trägt auf zwei je 18,26 m langen Kragarmen zwei Schleppträger von je 73,04 m Stützweite. Die Stützweite des Kragträgers beträgt 91,3 m, die Entfernung der Hauptträger 9,6 m, die Feldweite 4,565 m, die Systemhöhe 9,13 m. Als Baustoff ist St 48 vorgesehen. In den Ebenen der Unter- und Obergurte befindet sich je ein Windverband.

Müssen einmal später die beiden Strompfeiler entfernt werden, so soll der obenbeschriebene Träger des ersten Ausbaues (Abb. 7) als Versteifungsträger einer den Strom in einer Öffnung überspannenden Bogenträger mit aufgehobenem Horizontalschub dienen. (Abb. 8.)

(Fortsetzung folgt.)

² Dieser Entwurf wurde als nicht bedingungsgemäß ausgeschieden.

DIE DRILLUNGSMOMENTE RECHTECKIGER PLATTEN.

Von Dr. H. Marcus, Breslau.

In meiner Schrift über die „Vereinfachte Berechnung biegsamer Platten“ habe ich für die verschiedensten Lagerungsarten Näherungsformeln für die Biegemomente M_x und M_y angegeben, welche nach den Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton als Grundlage für den Spannungsnachweis benutzt werden können, wenn für die Aufnahme der zugehörigen Drillungsmomente durch Bewehrungen Sorge getragen ist. Ein Verfahren für die Abschätzung und die Darstellung dieser Drillungsmomente ist in meinem Buche nur für die ringsum frei aufliegende, gleichmäßig belastete Platte entwickelt worden. Um auch für alle übrigen Lagerungsarten ein möglichst einfaches, zuverlässiges und anschauliches Bild der Einzelheiten des Spannungsverlaufes zu gewinnen, will ich in der vorliegenden Arbeit die Beziehungen zwischen den Biege- und den Drillungsmomenten in einer eingehenden Untersuchung darlegen und aus diesen Beziehungen die Richtlinien für die Querschnittsbemessung ableiten.

§ 1.

Die zugeordneten Momentenflächen.

Ich knüpfe an die bekannten Formeln für die Momente der reduzierten Spannungen

$$(1) \quad \begin{cases} M_x = -\frac{E h^3}{12} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}, \\ M_y = -\frac{E h^3}{12} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2}, \\ t_{xy} = t_{yx} = t = -\frac{E h^3}{12} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y}, \end{cases}$$

wobei unter

x, y die Ordinaten eines Punktes der Mittelfläche der Platte,

ζ die Durchbiegung der Platte an der Stelle x, y ,

h die Plattenstärke,

E die Elastizitätsziffer des Baustoffes

zu verstehen sind.

Die Neigung der elastischen Fläche ist durch die Größen

$$(2) \quad \begin{cases} \omega_x = \frac{\partial \zeta}{\partial x}, \\ \omega_y = \frac{\partial \zeta}{\partial y} \end{cases}$$

gekennzeichnet.

Führt man für die Plattensteifigkeit die Abkürzung

$$(3) \quad \frac{E h^3}{12} = N$$

ein, so lassen sich die Beziehungen zwischen den Drillungsmomenten t und den Winkeln ω_x, ω_y durch die einfache Formel

$$(4) \quad t = -N \frac{\partial \omega_x}{\partial y} = -N \frac{\partial \omega_y}{\partial x}$$

ausdrücken,

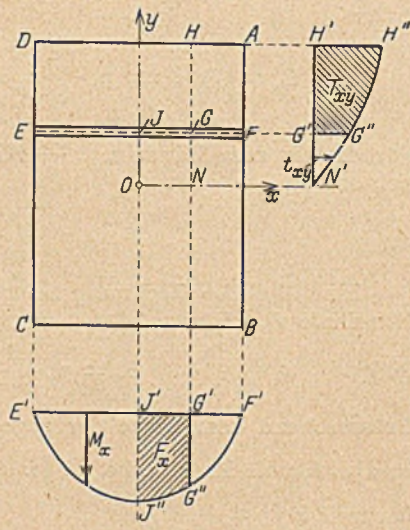


Abb. 1.

In Abb. 1 ist eine rechteckige, ringsum aufliegende Platte ABCD dargestellt. Der Streifen EF ist parallel zur x-Achse, liegt im Abstand $\overline{OJ} = y$ vom Koordinatenanfangspunkt und wird durch Momente M_x beansprucht. Die zugehörige Momentenlinie ist durch die Kurve $E'J''F'$ veranschaulicht.

Der Inhalt der Momentenfläche $J'G'G''J''$ zwischen den Grenzen $x=0$ und $x=x$ ist durch die Größe

$$F_x = \int_{x=0}^{x=x} M_x dx = -N \int_{x=0}^{x=x} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} dx = -N \left. \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right|_{x=0}^{x=x}$$

bestimmt. Wird das Achsenkreuz derart angeordnet, daß für $x=0$ $\frac{\partial \zeta}{\partial x} = 0$ ist, so ergibt sich

$$F_x = -N \omega_x.$$

In der gleichen Weise gilt für die Momente M_y des zur y-Achse parallelen Streifens KL in Abb. 2 die Gleichung

$$F_y = \int_{y=0}^{y=y} M_y dy = -N \int_{y=0}^{y=y} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} dy = -N \omega_y.$$

Zwischen den Winkeln ω_x, ω_y und den Momentenflächen F_x, F_y besteht somit die Beziehung

$$(5) \quad \begin{cases} \omega_x = -\frac{F_x}{N}, \\ \omega_y = -\frac{F_y}{N}. \end{cases}$$

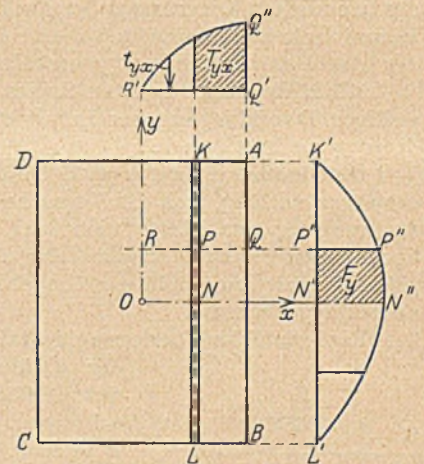


Abb. 2.

Betrachten wir jetzt die Schnittfläche HG im Abstand $JG = x$ von der y-Achse (Abb. 1). Die Linie $N'G''H''$ stellt die zugehörigen Drillungsmomente t_{xy} dar. Die Momentenfläche $G'G''H''H''$ zwischen den Grenzen $y=y$ und $y=b$ hat den Inhalt

$$T_{xy} = \int_{y=y}^{y=b} t_{xy} dy = -N \int_{y=y}^{y=b} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y} dy = N \left. \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right|_y^b.$$

Da für die Randpunkte $y=b$ sowohl T_{xy} als $\frac{\partial \zeta}{\partial x}$ verschwinden, so erhält man

$$T_{xy} = N \omega_x.$$

Wendet man die gleichen Betrachtungen auf die Drillungsmomente t_{yx} der Schnittfläche PQ in Abb. 2 an, so ergibt sich ebenso

$$T_{yx} = \int_{x=x}^{x=a} t_{yx} dx = -N \int_{x=x}^{x=a} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y} dx = N \omega_y.$$

Die Gegenüberstellung mit der Gl. (5) führt zu dem Satz:

$$(6) \quad \begin{cases} F_x = -T_{xy}, \\ F_y = -T_{yx}. \end{cases}$$

Jeder aus den Biegemomenten M_x oder M_y gebildeten Fläche F_x oder F_y , entspricht eine aus den Drillungsmomenten t_{xy} oder t_{yx} gebildete inhaltsgleiche Fläche T_{xy} oder T_{yx} .

Ich bezeichne die Größen F_x und T_{xy} , F_y und T_{yx} als die zugeordneten Momentenflächen.

Durch den vorstehenden Satz ist die Ermittlung der Werte T auf die Berechnung der zugehörigen Werte F zurückgeführt.

Bevor ich zeige, wie bei den verschiedensten Lagerungsarten diese Flächen aus den Näherungsformeln für die Momente M_x , M_y , abgeleitet werden können, möchte ich noch auf eine dritte, für die Wirkung der Drillungsmomente kennzeichnende Größe hinweisen.

Ich verlege den Anfangspunkt nach der Ecke A (Abb. 3) und bezeichne das neue Achsenkreuz mit x_1, y_1 . Die Grundgleichung

$$t = -N \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x_1 \partial y_1}$$

liefert nach einer doppelten Integration die Beziehung¹

$$(7) \quad V = \int_0^{x_1} \int_0^{y_1} t \, dx_1 \, dy_1 = -N \int_0^{x_1} \int_0^{y_1} \frac{\partial^2 \zeta_1}{\partial x_1 \partial y_1} \, dx_1 \, dy_1 = -N \zeta.$$

Da für jede Ecke der Platte eine ähnliche Beziehung besteht, so erkennt man, daß die vier Abschnitte V_1, V_2, V_3, V_4 des räumlichen Diagramms der Drillungsmomente den gleichen Rauminhalt haben und daß dieser Inhalt der Durchbiegung ζ der Platte an der Stelle x, y verhältnismäßig ist.

Mit Hilfe dieses zweiten Satzes läßt sich also aus der jeweiligen Durchbiegung der Inhalt der zugehörigen Momentendiagramme bestimmen.

Die Größen T und V sind für die Querschnittsbemessung deswegen wichtig, weil die Versuche gezeigt haben, daß für die Anstrengung der Platte nicht der jeweilige Spitzenwert der Spannungsmomente, sondern der Durchschnittswert in einer ziemlich weit ausgedehnten Umgebung der gefährdeten Stelle ausschlaggebend ist.

Eine einfache Überlegung gestattet aber auch, den Verlauf der Drillungsmomente längs einer Schnittfläche ziemlich genau zu beschreiben. Betrachten wir den Punkt k in Abb. 4 mit den Ordinaten x, y und 8 weitere Punkte i, l, m, n, o, p, q, r, die um λ_x bzw. λ_y von k entfernt sind. In meinem Buche über „Die Theorie elastischer Gewebe“ habe ich in § 3 S. 18 die Beziehung

$$\left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y} \right)_k = \frac{(\zeta_r - \zeta_q) - (\zeta_p - \zeta_o)}{4 \lambda_x \lambda_y}$$

nachgewiesen. Bei einer stetig und gleichförmig belasteten Platte darf man wohl annehmen, daß, wenn die Abstände λ sehr klein gewählt werden,

$$\begin{aligned} \zeta_r &= \alpha \zeta_n, & \zeta_q &= \beta \zeta_n, \\ \zeta_l &= \alpha \zeta_k, & \zeta_i &= \beta \zeta_k, \\ \zeta_p &= \alpha \zeta_m, & \zeta_o &= \beta \zeta_m, \end{aligned}$$

wobei unter α, β Proportionalitätsfaktoren zu verstehen sind, so folgt aus obiger Formel

¹ Die Integrationskonstanten fallen fört, da für $x_1 = y_1 = 0$ sowohl V als ζ verschwinden.

und da

$$\frac{\zeta_n - \zeta_m}{2 \lambda_y} = \left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)_k,$$

so gilt auch

$$(8) \quad \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y} = \frac{\alpha - \beta}{2 \lambda_x} \cdot \frac{\partial \zeta}{\partial y} = \frac{\alpha - \beta}{2 \lambda_x} \omega_y.$$

Die Drillungsmomente t_{xy} der Fläche EF verändern sich also nahezu wie die zugehörigen Winkel ω_y .

Sind wir imstande, die elastische Linie für EF zu zeichnen und die zugehörigen Winkel ω_y , zu bestimmen, so werden uns durch die Gl. (8) für den Verlauf, durch die Gl. (5) für die Größe der Drillungsmomente sichere Anhaltspunkte gegeben.

§ 2.

Die ringsum frei aufliegende Platte.

Die in Abb. 5 dargestellte Platte ist mit p gleichförmig belastet. Für die Spannungsmomente des Plattenmittelpunktes gelten bekanntlich die Formeln:

$$M_{x_{\max}} = p_x \frac{l_x^2}{8} \nu_a,$$

$$M_{y_{\max}} = p_y \frac{l_y^2}{8} \nu_a.$$

Hierbei ist

$$p_x = p \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4},$$

$$p_y = p \frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}.$$

Der Momentenverlauf längs der Mittellinie EF ($y = 0$) läßt sich mit hinreichender Genauigkeit durch eine Parabel nach der Gleichung

$$M_x = M_{x_{\max}} \left(1 - \frac{4x^2}{l_x^2} \right) = p_x \frac{l_x^2}{8} \nu_a \left(1 - \frac{4x^2}{l_x^2} \right)$$

darstellen. Der Inhalt der zugehörigen Momentenfläche ist daher

$$F_x = \int_0^x M_x \, dx = p_x \frac{l_x^2}{8} \nu_a x \left(1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{x^2}{l_x^2} \right).$$

Für die bis zum Rande $x = \frac{l_x}{2}$ reichende Strecke OF ergibt sich somit

$$(9) \quad F_x = p_x \frac{l_x^3}{24} \nu_a.$$

Eine ähnliche Rechnung liefert für die Strecke OK der Mittellinie den Wert

$$(9a) \quad F_y = p_y \frac{l_y^3}{24} \nu_a.$$

Entsprechend dem Satze der zugeordneten Momentenflächen

ist also für die Randfläche AF ($x = +\frac{l_x}{2}$) bzw. für die Randfläche AK ($y = +\frac{l_y}{2}$):

$$(10) \quad \begin{cases} T_{xy} = T_1 = -p_x \frac{l_x^3}{24} \nu_a = -p \frac{\nu_a}{24} \cdot \frac{l_x^3 l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}, \\ T_{yx} = T_2 = -p_y \frac{l_y^3}{24} \nu_a = -p \frac{\nu_a}{24} \cdot \frac{l_x^4 l_y^3}{l_x^4 + l_y^4}. \end{cases}$$

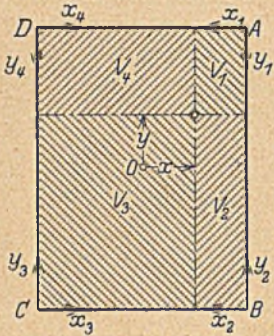


Abb. 3.

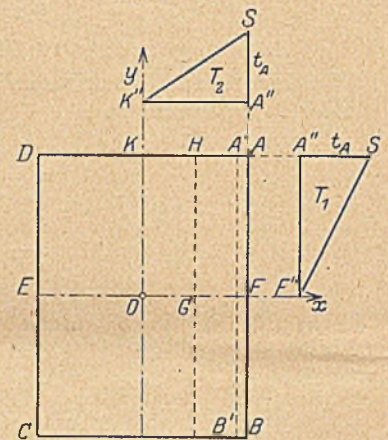


Abb. 5.

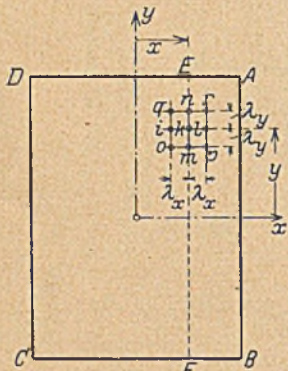


Abb. 4.

Aus Gl. (8) folgt weiterhin, daß die Momente t_{xy} der Randfläche AB dem Neigungswinkel ω_y der Biegelinie einer diesen Rande parallelen und unendlich nahen Faser A'B' verhältnismäßig sein müssen. Da diese Biegelinie im vorliegenden Falle nicht wesentlich von einer Parabel abweichen kann, so werden die Winkel ω_y und ebenso die Momente t_{xy} von der Randmitte nach den Ecken nahezu geradlinig wachsen. Für die in Abb. 5 dargestellte Spannungsverteilung gelten somit die Gleichungen

$$T_1 = \frac{1}{2} t_A \frac{l_y}{2},$$

$$T_2 = \frac{1}{2} t_A \frac{l_x}{2},$$

wobei t_A das Drillungsmoment in der Ecke A bedeutet.

Im Einklang mit den Gl. (10) ergibt sich nunmehr

$$(11) \quad t_A = \frac{4T_1}{l_y} = \frac{4T_2}{l_x} = -p \frac{\nu_a}{6} \cdot \frac{l_x^3 l_y^3}{l_x^4 + l_y^4}.$$

Nach dieser Formel erhält man beispielsweise

für $l_y = l_x$ mit $\nu_a = 7/12$: $t_A = -0,0486 p l_x^2$,
 „ $l_y = 2 l_x$ „ $\nu_a = 41/51$: $t_A = -0,0631$ „ „

Leitz hat für die gleichen Längenverhältnisse die Werte

$$t_A = -0,0462 p l_x^2,$$

bzw. $t_A = -0,0659$ „

ermittelt. Die nach der Näherungsformel (11) errechneten Werte stimmen also mit den Ergebnissen der genauen Untersuchung sehr gut überein.

Ist $l_y > 2 l_x$, so kann man für die Querschnittsbemessung den Grenzwert

$$t_A \approx -p \frac{l_x^2}{15}$$

benutzen.

Um den Verlauf der Drillungsmomente im ganzen Bereich des Plattenviertels OFAK zu bestimmen, müssen wir uns vergegenwärtigen, daß diese Momente längs den Mittellinien OF und OK verschwinden, daß sie ferner entsprechend den Bedingungen

$$\frac{\partial t_{xy}}{\partial x} = -N \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2 \partial y} = -N \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} \right) = 0 \text{ für } x = \pm \frac{l_x}{2},$$

$$\frac{\partial t_{yx}}{\partial y} = -N \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y^2} = -N \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} \right) = 0 \text{ für } y = \pm \frac{l_y}{2}$$

ihren Größtwert am Rande erreichen und ebenso vom Plattenmittelpunkt nach der Ecke zu nehmen. Dieser Verlauf kann in erster Annäherung durch eine Pyramide mit der Basis OFAK und der Höhe $t_A = AS$ veranschaulicht werden (Abb. 6). Ihr Rauminhalt ist

$$V = \frac{1}{3} t_A \frac{l_x l_y}{4} = \frac{1}{12} t_A l_x l_y$$

oder im Einklang mit Gl. (11)

$$V = -p \frac{\nu_a}{72} \cdot \frac{l_x^4 l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}.$$

Da aber nach unserem zweiten Satze

$$V = -N \zeta$$

sein muß, so erhält man für die Durchbiegung des Plattenmittelpunktes den Wert

$$(12) \quad \zeta_m = -\frac{V}{N} = p \frac{\nu_a}{72} \cdot \frac{l_x^4 l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}.$$

Diese Formel liefert beispielsweise

für $l_y = l_x$: $\zeta_m = 0,00405 p \frac{l_x^4}{N}$,
 „ $l_y = 2 l_x$: $\zeta_m = 0,01051 p \frac{l_x^4}{N}$.

Die in meinem Buche über die Gewebetheorie nachgewiesenen genauen Werte

$$\zeta_{\max} = 0,004055 p \frac{l_x^4}{N},$$

$$\zeta_{\max} = 0,01093 p \frac{l_x^4}{N}$$

stimmen mit den obigen Näherungswerten recht gut überein. Die an Stelle des räumlichen Diagramms der Drillungsmomente benutzte Pyramide gibt uns also einen durchaus zuverlässigen Anhalt für die Gesamtheit der Drillungsspannungen. Um uns zu überzeugen, daß nicht allein bei den Randflächen, sondern auch für irgend einen Schnitt zwischen den Rändern und den Mittellinien Größe und Verlauf der Drillungsmomente mit hinreichender Genauigkeit aus der Pyramide abgeleitet werden können, sei als Beispiel eine Platte mit dem Längenverhältnis $l_y : l_x = 2 : 1$ gewählt.

Für den Schnitt HG in Abb. 5 im Abstand $x = \frac{1}{4} l_x$ liefert die genaue Untersuchung

$$F_x = \int_0^{1/4 l_x} M_x dx = 0,00222 p l_x^3.$$

Diesem Schnitt HG entspricht in der Pyramide, die durch Abb. 6 veranschaulicht ist, eine Momentenfläche HJLG mit dem Inhalt

$$T_{xy} = t_A \frac{l_y}{l_x} x \left(1 - \frac{x}{l_x} \right).$$

Nimmt man für t_A den vorhin nachgewiesenen Wert $t_A = -0,0631 p l_x^2$, so erhält man für $x = \frac{1}{4} l_x$:

$$T_{xy} = -0,0631 \cdot 2 \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} p l_x^2 = -0,00236 p l_x^3.$$

Die Bedingung $F_x = -T_{xy}$ ist also mit ausreichender Genauigkeit erfüllt. Hiermit ist erwiesen, daß die Pyramide als ein treues Abbild aller wesentlichen Einzelheiten der wirklichen Spannungsverteilung betrachtet und daher der Querschnittsbemessung zugrunde gelegt werden darf.

§ 3.

Die ringsum eingeklemmte Platte.

Für die Mittellinie EF der gleichförmig belasteten Platte (Abb. 7) sind uns aus der „Vereinfachten Berechnung“ das Moment im Mittelpunkt O

$$M_{x_{\max}} = p_x \frac{l_x^2}{24} \nu_b = M_1$$

und die Einspannungsmomente

$$M_{x_{\min}} = -p_x \frac{l_x^2}{12} \cdot \frac{1}{\nu_b} = M_2$$

bekannt.

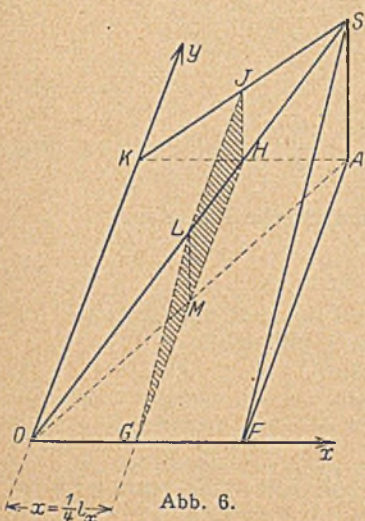


Abb. 6.

Um den Verlauf der Momentenlinie vollständig zu beschreiben, benutze ich den Ansatz

$$(13) \quad M_x = M_1 + (M_2 - M_1) \xi^n,$$

wobei

$$\xi = \frac{x}{a},$$

$$a = \frac{l_x}{2}.$$

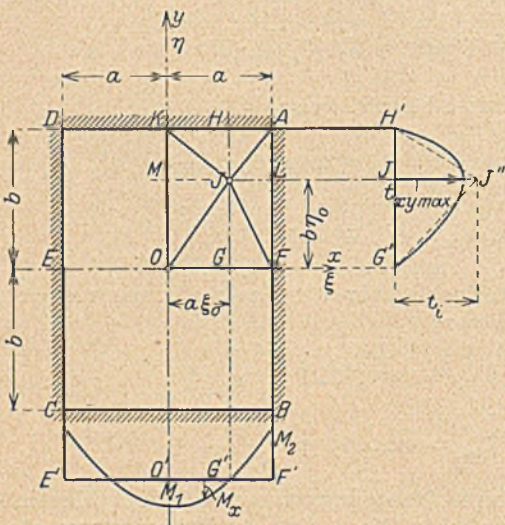


Abb. 7.

Unter a ist die halbe Seitenlänge zu verstehen.

Es ist leicht zu erkennen, daß dieser Ansatz die Bedingungen

$$M_x = M_1$$

für $x = \xi = 0$,

$$M_x = M_2$$

für $x = a, \xi = 1$

befriedigt, gleichgültig welche Potenz n gewählt wird.

Da $\omega_x = \frac{\delta \zeta}{\partial x}$ sowohl für $x = 0$ als auch für $x = a$ verschwinden muß, so haben wir zur Bestimmung von n die Bedingung

$$\int_0^a M_x dx = a \int_0^1 M_x d\xi = 0,$$

d. h.

$$M_1 + \frac{M_2 - M_1}{n + 1} = 0,$$

$$(14) \quad n = -\frac{M_2}{M_1}.$$

Aus dem Ansatz (13) folgt weiterhin

$$(15) \quad N \omega_x = - \int_0^x M_x dx = -\frac{1}{2} l_x \int_0^{\xi} M_x d\xi = -M_1 \frac{l_x}{2} \xi (1 - \xi^n).$$

Der Größtwert von ω_x wird an der Stelle ξ_0 , wo zugleich $M_x = 0$ ist, erreicht, d. h.

$$M_1 + (M_2 - M_1) \xi_0^n = 0,$$

$$\xi_0^n = \frac{1}{n + 1},$$

$$\xi_0 = \sqrt[n]{\frac{1}{n + 1}},$$

$$(16) \quad N \omega_{x,max} = -M_1 \frac{l_x}{2} \xi_0 \frac{n}{n + 1}.$$

Im Abstand $OG = a \xi_0$ ist der Schnitt HG parallel zur y-Achse gelegt. Auf Grund der Gl. (8) und in sinngemäßer Anlehnung an den Ansatz (15) läßt sich der Verlauf der Momente t_{xy} längs dieses Schnittes in der Form

$$(17) \quad t_{xy} = C \frac{l_y}{2} \eta (1 - \eta^n),$$

darstellen, wobei $\eta = \frac{y}{b}, \quad b = \frac{l_y}{2}$

ist und b die halbe Seitenlänge, C eine vorerst unbestimmte Beizahl bedeutet. Für die Strecke GH ergibt sich sodann

$$T_{xy} = \int_0^{\frac{l_y}{2}} t_{xy} dy = C \frac{l_y^2}{8} \cdot \frac{n}{n + 2},$$

und da

$$T_{xy} = N \omega_x$$

sein muß, so erhält man die Beziehung

$$C \frac{l_y^2}{8} \cdot \frac{n}{n + 2} = -M_1 \frac{l_x}{2} \xi_0 \frac{n}{n + 1},$$

$$C = -\frac{n + 2}{n + 1} \cdot \frac{4 l_x}{l_y^2} \xi_0 M_1.$$

Beachtet man noch, daß t_{xy} einen Größtwert an der Stelle

$$\eta_0 = \sqrt[n]{\frac{1}{n + 1}}$$

erreicht, so findet man nunmehr

$$(18) \quad (t_{xy})_{max} = C \frac{l_y}{2} \eta_0 \frac{n}{n + 1} = -\eta_0 \xi_0 \frac{2 l_x}{l_y} \cdot \frac{n (n + 2)}{(n + 1)^2} M_1.$$

Die Auflösung der Bestimmungsgleichungen für ξ_0 und η_0 zeigt die eigentümliche Tatsache, daß sich diese Größen bei wechselndem Längenverhältnis $\frac{l_x}{l_y}$ so gut wie nicht verändern und von einem Mittelwert

$$\xi_0 = \eta_0 = 3/5$$

nur sehr wenig abweichen. Führt man diesen Mittelwert in Gl. (18) ein, so wird

$$(t_{xy})_{max} = -\frac{18}{25} \cdot \frac{l_x}{l_y} \cdot \frac{n (n + 2)}{(n + 1)^2} M_1,$$

und da

$$M_1 = p_x \frac{l_x^2}{24} \nu_b = p \frac{l_x^2 l_y^4 \nu_b}{24 (l_x^4 + l_y^4)},$$

so ergibt sich schließlich

$$(19) \quad (t_{xy})_{max} = -\frac{3}{100} p \frac{l_x^3 l_y^3}{l_x^4 + l_y^4} \cdot \frac{n (n + 2)}{(n + 1)^2} \nu_b.$$

Für das Stützenmoment M_2 ist in der „Vereinfachten Berechnung“ der Näherungswert

$$M_2 = -p_x \frac{l_x^2}{12} \cdot \frac{1}{\nu_b}$$

empfohlen. Demgemäß ist

$$n = -\frac{M_2}{M_1} = \frac{2}{\nu_b^2}.$$

Als Beispiel wähle ich die quadratische Platte mit

$$\nu_b = \frac{31}{36} = 0,861,$$

$$n = \frac{2}{0,861^2} = 2,7$$

und erhalte nach Formel (19):

$$(t_{xy})_{max} = -\frac{3}{100} p \frac{l_x^2}{2} \cdot \frac{2,7 \cdot 4,7}{3,7^2} 0,861 = -0,012 p l_x^2.$$

Dieser Wert stimmt mit dem von Leitz errechneten genauen Wert

$$t_{\max} = \sim 0,012 p l_x^2$$

vollständig überein.

Da sich der Bruch $\frac{n(n+2)}{(n+1)^2}$ nur unwesentlich von 1 unterscheidet, so kann man an Stelle von (19) die noch einfachere Näherungsformel

$$(20) \quad (t_{xy})_{\max} = -\frac{3}{100} \cdot \frac{p l_x^3 l_y^3}{l_x^4 + l_y^4} \nu_b$$

verwenden.

Um den Einfluß der Drillungsmomente auf die Anstrengung der Platte zu prüfen, genügt es nicht, den Größtwert t_{\max} zu kennen; die Gestalt des ganzen räumlichen Momentendiagramms muß noch untersucht werden. Betrachten wir die vier Bereiche, welche innerhalb eines Plattenviertels an den Ort angrenzen, wo

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} = 0$$

und t ein Maximum ist, in Abb. 7 also die Gebiete JGOM, JGFL, JHKM, JHAL, und beachten wir, daß in jedem dieser Bereiche, wie in einem Viertel einer ringsum frei aufliegenden Platte, die Drillungsmomente längs zweier angrenzender Kanten verschwinden, längs der beiden anderen aber ihren Größtwert erreichen, so liegt der Gedanke nahe, den Spannungsverlauf in jedem Bereiche nach dem Beispiel der frei aufliegenden Platte durch eine Pyramide darzustellen. In dieser Weise entstehen die vier Pyramiden JGOM, JGFL, JHKM, JHAL mit der gemeinsamen Spitze J. Bezeichnet man mit t_i die Höhe dieser Pyramiden, so ist der gesamte Rauminhalt

$$(21) \quad V = \frac{1}{3} t_i \frac{l_x l_y}{4} = \frac{1}{12} t_i l_x l_y = -N \zeta_0,$$

wobei unter ζ_0 die Durchbiegung der Platte an der Stelle o zu verstehen ist. ζ_0 läßt sich unmittelbar aus der Gleichung

$$N \zeta_0 = \int_0^{\frac{l_x}{2}} M_x (a-x) dx = -\int_0^{\frac{l_x}{2}} M_x x dx$$

errechnen. Entsprechend dem Ansatz (13) ergibt sich

$$N \zeta_0 = -\left(\frac{l_x}{2}\right)^2 \int_0^1 [M_1 + (M_2 - M_1) \xi^n] \xi d\xi$$

$$= -\frac{l_x^2}{4} \left[\frac{M_1}{2} + \frac{M_2 - M_1}{n+2} \right] = \frac{l_x^2}{8} M_1 \frac{n}{n+2},$$

oder auch

$$(22) \quad N \zeta_0 = \frac{p}{192} \cdot \frac{l_x^4 l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} \nu_b \frac{n}{n+2},$$

somit

$$(23) \quad t_i = -\frac{12 N \zeta_0}{l_x l_y} = -\frac{p}{16} \cdot \frac{l_x^3 l_y^3}{l_x^4 + l_y^4} \nu_b \frac{n}{n+2}.$$

Die Formel (22) liefert beispielsweise für die quadratische Platte

$$N \zeta_0 = p \frac{l^4}{384} \cdot \frac{31}{36} \cdot \frac{2,7}{4,7} = 0,001288 p l^4.$$

Nádai¹ gibt auf Grund seiner genauen Untersuchungen

$$N \zeta_0 = 0,00128 p l^4$$

an. Da beide Werte vorzüglich miteinander übereinstimmen, so ist hiermit die Zuverlässigkeit der Näherungsformel erwiesen.

Es ist schließlich zweckmäßig zu prüfen, ob für die Fläche HG, in welcher die größten Drillungsmomente auftreten, der Gesamtwert dieser Momente ebenfalls mit ausreichender Sicherheit aus der Pyramide entnommen werden kann. Der Querschnitt durch die Pyramide ist ein Dreieck HGJ₂ mit dem Inhalt

$$T_{xy} = \frac{t_i l_y}{4} = -\frac{p}{64} \cdot \frac{l_x^3 l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} \nu_b \frac{n}{n+2}.$$

Für die quadratische Platte erhält man nach dieser Formel

$$T_{xy} = -0,00386 p l_x^3.$$

Nach Gl. (16) ist aber auch

$$T_{xy} = -M_1 \frac{l_x}{2} \xi_0 \frac{n}{n+1} = -p \frac{l_x^3 l_y^4}{48 (l_x^4 + l_y^4)} \xi_0 \nu_b \frac{n}{n+1}.$$

Hieraus ergibt sich für $\xi_0 = \frac{3}{5}$:

$$T_{xy} = -p \frac{l_x^3 l_y^4}{80 (l_x^4 + l_y^4)} \nu_b \frac{n}{n+1},$$

insbesondere für $l_x = l_y$:

$$T_{xy} = -0,00392 p l_x^3.$$

Diese Gegenüberstellung zeigt wiederum, daß der Flächeninhalt des aus der Pyramide entnommenen Momentendiagramms sehr genau mit dem Inhalt des Diagramms der wirklichen Drillungsmomente übereinstimmt. Um den gesamten Spannungsverlauf zu beschreiben, brauchen wir somit lediglich die Höhe t_i mit Hilfe der Formel (23) zu bestimmen und können dann, wie in Abb. 8 angedeutet, die vier Pyramiden aufzeichnen.

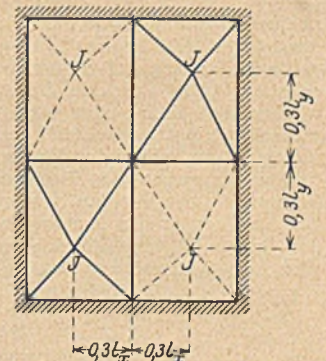


Abb. 8.

(Fortsetzung folgt.)

¹ Vergl. „Die elastischen Platten“ von Prof. Dr. Nádai, Verlag von Julius Springer, 1925, § 45, S. 183.

KURZE TECHNISCHE BERICHTE.

Neubau der Brücke über den Verbindungskanal im Zuge der Parkallee in Bremen.

Von Dr.-Ing. Alfred Junge, Hamburg.

Im folgenden soll ein Eisenbetonbrückenneubau beschrieben werden, der infolge seiner besonderen Verhältnisse und konstruktiven Ausbildung von Interesse sein dürfte.

An der Stelle der jetzt neu erstandenen Eisenbetonbrücke befand sich bis zum Sommer 1928 eine Blechträgerbrücke auf Widerlagern, die in Ziegelmauerwerk erstellt waren. Die alte Brücke genügte schon seit längerer Zeit den Anforderungen des Verkehrs nicht mehr

und so entschloß sich das Straßen- und Brückenbauamt in Bremen, unter Benützung der alten Fundamente einen Brückenneubau in Eisenbetonkonstruktion auszuführen. Die Grundrißform der neuen Widerlager und der Flügel war somit gegeben durch die der bestehenden Fundamente.

Nachdem mehrere Projekte in gemeinsamer Arbeit von Bauherrschafft und Unternehmerfirma auf ihre Brauchbarkeit untersucht worden waren, gelangte das nachstehend beschriebene, vom Verfasser vorgeschlagene System zur Ausführung.

Die neue Brücke ist eine Eisenbetonplattenbrücke, deren Widerlager und Flügel als Eisenbetonwinkelstützmauern ausgebildet sind.

Die Fußwinkel von Widerlagern und Flügeln ruhen auf den alten Fundamenten. Die Widerlager sind mit den Eisenbetonträgern der Brückentafel durch unvollkommene Eisenbetongelenke verbunden, die unter Heranziehung eines druckverteilenden Versteifungsträgers gebildet werden. Da die neue Brücke gegenüber der alten verbreitert werden mußte, so wurde es erforderlich, die äußeren Randträger, welche zugleich zur Aufnahme der Fußwegplatten dienen, auf den Flügelmauern zu lagern, weil diese sich der Grundrißform der alten Fundamente einfügen mußten.

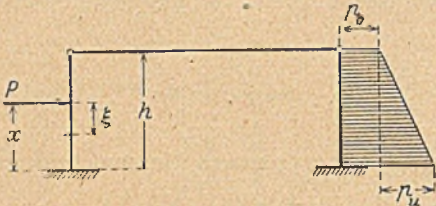


Abb. 1.

Das Hauptsystem der Brücke besteht aus den Fahrbahnträgern, die beiderseits durch unvollkommene Eisenbetongelenke mit den Widerlagern bzw. den Flügeln verbunden sind. Das System ist also ein Zweigelenkbalken von der in Abb. 1 gekennzeichneten Form.

Der Zweigelenkbalken ist, wenn die Pfostenfüße als ganz oder teilweise eingespannt betrachtet werden, ein einfach statisch unbestimmtes Gebilde.

Betrachten wir die Normalkraft des Riegels als statisch Über-

Unter Beachtung der Abb. 1 folgt:

$$\delta_{am} = \int_0^x P \xi \tau (h - x - \xi) \frac{d\xi}{J E};$$

$$\delta_{am} = P \times a h + \frac{P x^2}{6 J E} (3 h - x).$$

Mit diesen Werten folgt:

$$x_a = \frac{P x \left[a h + \frac{x}{6 J E} (3 h - x) \right]}{2 h^2 \left(a + \frac{h}{3 J E} \right)}$$

Aus der vorstehenden Gleichung lassen sich nun die Extremwerte der Riegelkraft für „starre“ und für „vollkommen elastische Einspannung“ der Pfostenfüße ermitteln:

Für starre Einspannung wird $a = 0$ und es folgt:

$$(1) \quad x_{amin} = \frac{P x^2 (3 h - x)}{4 h^3}$$

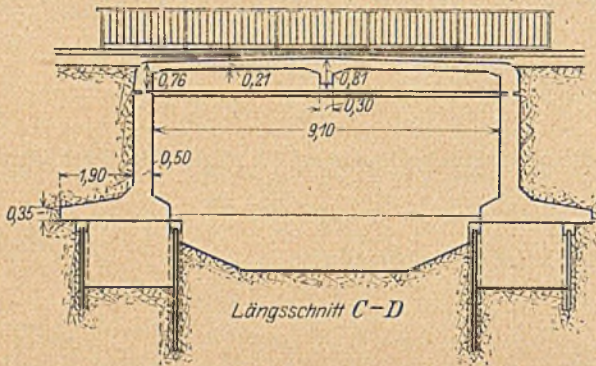


Abb. 2.

zählige, so kann sie ermittelt werden, sobald der Einspannungsgrad der Pfostenfüße festliegt. Es sind, wie bekannt, des öfteren Versuche gemacht worden, um brauchbare Werte für die „Bettungsziffer“ zu erhalten. Die auf den bestehenden Fundamenten ruhenden Fußwinkel sind mehr oder weniger elastisch eingespannt. Wir kennen weder die „Bettungsziffer“ des Bodens, noch wissen wir, ob Proportionalität — im Sinne des Hookeschen Gesetzes — zwischen Dehnungen und Spannungen des Bodenmaterials näherungsweise besteht. Das letztere wollen wir im folgenden annehmen und voraussetzen, daß ein am Pfosten der Fundamentkörper angreifendes Drehmoment von der Größe „I“ eine Fundamentdrehung um den Winkel α hervorruft. Elastische Verschiebungen infolge etwaigen Rutschens des Fundament-

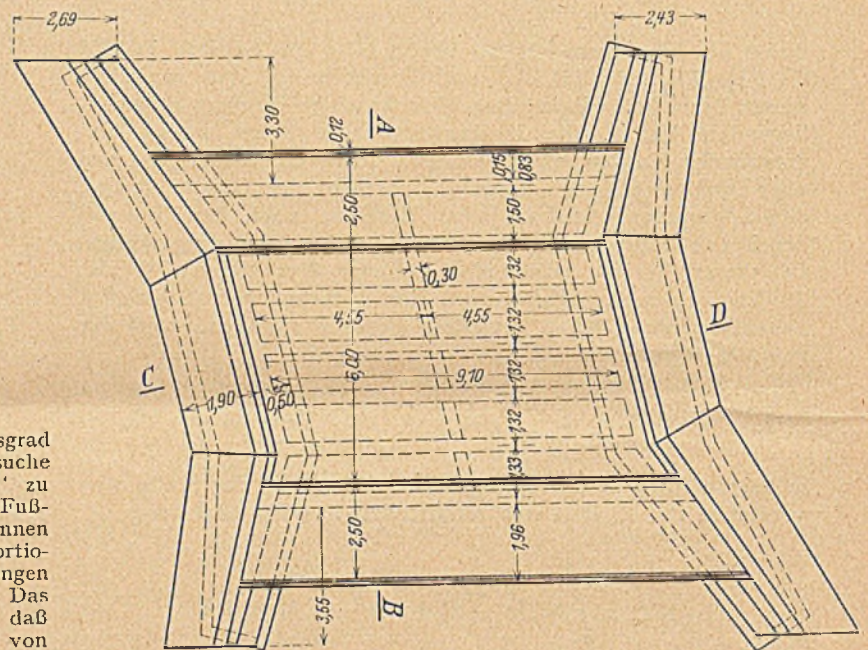


Abb. 4. Grundriß.

Für vollkommen elastische Einspannung ist der elastische Einfluß der Pfosten gegenüber dem von α verschwindend klein, es ist $E \sim \infty$ zu setzen und wir erhalten:

$$(2) \quad x_{amax} = \frac{P \times a h}{2 h^2 \alpha} = \frac{P x}{2 h}$$

Für $x = h$ folgt aus den Gleichungen (1) und (2):

$$x_{amin} = x_{amax} = \frac{P}{2}$$

Belasten wir den Pfosten durch einen trapezförmigen Erddruck nach Abb. 1 derart, daß am oberen Ende der spezifische Erddruck p_o und am unteren $p_u + p_u$ entsteht, so folgt aus Gleichung (1):

$$x_{amin} = \frac{I}{4 h^3} \int_0^h x^2 (3 h - x) \left[p_o + \frac{p_u}{h} (h - x) \right] dx;$$

$$(3) \quad x_{amin} = \frac{3}{16} p_o h + \frac{I}{20} p_u h$$

und aus Gleichung (2):

$$x_{amax} = \frac{I}{2 h} \int_0^h x \left[p_o + \frac{p_u}{h} (h - x) \right] dx;$$

$$(4) \quad x_{amax} = \frac{p_o h}{4} + \frac{p_u h}{12}$$

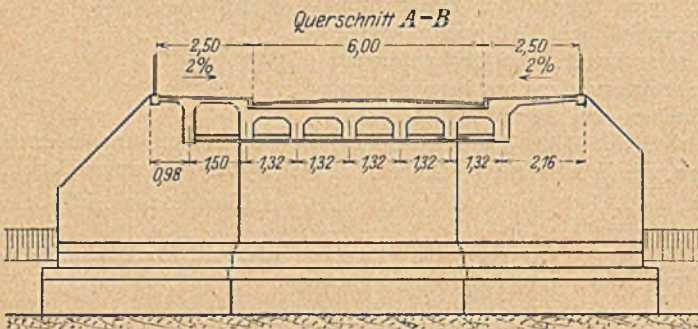


Abb. 3.

körpers, ebenso solche infolge der im Riegel vorhandenen Normalkräfte, sollen unberücksichtigt bleiben.

Bezeichnen wir die unbekannte Riegelkraft mit x_a , so läßt sich ihr Wert wie folgt bestimmen:

$$x_a = \frac{\delta_{am}}{\delta_{aa}}$$

Ist J das Trägheitsmoment der Pfosten, E ihr Elastizitätsmaß, so folgt:

$$\delta_{aa} = 2 \left[1 h a h + \frac{h^2 h}{3 J E} \right] = 2 a h^2 + \frac{2 h^3}{3 J E}$$

Aus den Gleichungen (2) und (4) erkennen wir, daß bei vollkommen elastisch nachgiebiger Einspannung der Pfosten die Riegelkraft gleich der Hälfte des Auflagerdruckes eines einfachen Trägers von der Stützweite h ist, der durch senkrecht zu seiner Achse angreifende Kräfte belastet wird.

Für eine doppelseitige, symmetrische Belastung verdoppelt sich ebenfalls die Riegelkraft. Dieser Zustand ist der, welcher — abgesehen von dem geringen Einfluß der Verkehrslasten auf den Erddruck — für die Bemessung der Konstruktion im wesentlichen in Frage kommt.

Für lotrechte Lasten des Riegels verschwindet dessen Normalkraft, das System wirkt in diesem Falle wie eine einfache Balkenbrücke auf 2 Stützen. Temperatureinflüsse können, wegen der geringen Längenabmessungen des Systems außer acht bleiben.

Die Flügelmauern der Brücke sind ebenfalls als Winkelstützmauern ausgeführt. Sie sind jedoch außerdem mit den Widerlagern durch innerhalb deren Stärke liegende Kragträger, die die Erddrucklasten z.T. auf die Widerlager übertragen, zu einem statisch zusammenwirkenden Bauteil verbunden.

Durch die Zweigelenkbalkenkonstruktion ist es ermöglicht worden, die druckübertragende Wirkung der Fahrbahntafel, die auch bei fehlenden Gelenken infolge der Reibung praktisch z. T. stets auftritt, bewußt zu erfassen und zur Entlastung der Widerlager heranzuziehen.

Die Gefahr, durch eine Temperaturexpansion der Fahrbahnträger einen unzulässig hohen passiven Erddruck zu erzeugen, kann bei kleinen Stützweiten unbeachtet bleiben.

Ein nicht unbedeutender Vorteil in der Wahl dieser Konstruktion liegt ferner in der Tatsache, daß die Vorderkantenpressungen der Fundamente gegenüber denen der freistehenden Stützmauer erheblich herabgemindert werden, begründet.

Die Belastungsproben unter Verwendung einer 18 ts-Dampfwalze, welche unter Leitung des Straßen- und Brückenbauamtes durchgeführt wurden, ergaben allgemein und auch bezüglich der Durchbiegung sehr günstige Resultate. Es zeigte sich auch hier, daß die druckverteilende Wirkung von Platten und Versteifungsträgern eine so günstige ist, daß der rechnerische Durchbiegungswert, welcher ohne Berücksichtigung des monolithischen Zusammenhanges ermittelt, bei weitem nicht erreicht wurde.

Die Bauoberleitung seitens der Behörde lag in den Händen des Herrn Oberbauamtes Jonas, während die örtliche Bauleitung Herrn Baurat Dr.-Ing. Fricke unter Mitwirkung des Herrn Bau-Ing. Stürmann unterstand.

Die Abb. 2, 3 und 4 stellen Längsschnitt, Querschnitt und Grundriß der neuen Brücke dar. Die Ausführung erfolgte durch die Firma H. Kropp & Co. in Bremen.

WIRTSCHAFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Arbeitsmarktlage im Reich. Bericht der Reichsanstalt für die Zeit vom 24. bis 29. Juni 1929.

Die Aufwärtsbewegung des Arbeitsmarktes ist in der Berichtswoche nahezu zum Stillstand gekommen. Ob dies, wie manche Landesarbeitsämter annehmen, darauf zurückzuführen ist, daß die Jahreskurve der Arbeitslosigkeit dicht vor ihrem Tiefpunkt steht, oder ob es sich, wie andere Landesarbeitsämter meinen, mehr um eine vorübergehende Stockung handelt, die regelmäßig in der Mitte des Jahres eintritt und erfahrungsgemäß von einer erneuten kurzen Welle der Saisonbelebung abgelöst wird, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Die Unsicherheit der Beschäftigung, vor allem in den Verbrauchs-güterindustrien, ist immer noch groß und zwingt, obgleich es in den Produktionsmittelindustrien nicht an günstigen Anzeichen fehlt, zur Vorsicht in der Kennzeichnung der Lage.

In einigen Bezirken war die Entlastung des Arbeitsmarktes etwas deutlicher spürbar; so in Ostpreußen, Mitteldeutschland, Bayern vor allem durch den starken Bedarf der Landwirtschaft, in Westfalen durch die günstige Entwicklung des Ruhrkohlenbergbaues. — In Brandenburg und Niedersachsen stieg, entgegen der allgemeinen Bewegung, die Zahl der Hauptunterstützungsempfänger in der versicherungsmäßigen Arbeitslosenunterstützung erstmalig langsam an: in Brandenburg drückten die saisonüblichen Entlassungen des Bekleidungs-gewerbes auf den Markt (u. a. Zugang von 3000 arbeitslosen Mäntelnäherinnen); in Niedersachsen führte u. a. das kühle Regenwetter zu Entlassungen von Außenarbeitern (Torfindustrie, Forstwirtschaft, Erdarbeiten).

Die Zahl der Hauptunterstützungsempfänger in der versicherungsmäßigen Arbeitslosenunterstützung dürfte nach den Vormeldungen der Landesarbeitsämter am 1. Juli nahe an 720 000 liegen; am 1. Juli 1928 betrug die entsprechende Zahl: 610 000, am 1. Juli 1927: 540 000, am 1. Juli 1926: 1 740 000. Dabei darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, daß diese Zahlen der Hauptunterstützungsempfänger nicht die Gesamtbelastung des Arbeitsmarktes wiedergeben (es fehlen insbesondere die Empfänger von Krisen- und Wohlfahrtsunterstützung); aber sie sind für die Charakterisierung der Bewegung der aktuellste Maßstab.

Aus einzelnen Berufsgruppen ist folgendes hervorzuheben:

Die Arbeitsmarktlage im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau blieb günstig. Die Nachfrage nach bergmännischen Fachkräften nahm zu; auch ungelernete Arbeiter wurden eingestellt, regelmäßig als Nachschub für betriebsältere Kräfte, die zu Gedingschleppern, Lehrhauern und Hauern aufrückten. — Darüber hinaus wurden noch Ruhrbergarbeiter in den laufend aufnahmefähigen Aachener Steinkohlenbergbau und vereinzelt in den sächsischen Steinkohlenbergbau überführt. Auch in Schlesien wurden Hauer und Lehrhauer und junge Schlepper verlangt. — Im mitteldeutschen Braunkohlenbergbau ergab sich keine wesentliche Veränderung; in Brandenburg fehlten Brikettverlader.

In der Industrie der Steine und Erden war die Lage im allgemeinen günstig, aber ohne nennenswerte Aufnahmefähigkeit.

In Pommern und Schlesien ist das Ziegeleigewerbe in der Entwicklung teilweise empfindlich zurückgeblieben; in Rheinland und Sachsen bestand schon Neigung zur Verschlechterung.

In der Metallwirtschaft war der Beschäftigungsgrad überaus uneinheitlich und hat sich im ganzen wenig verändert; in Sachsen, Hessen und Niedersachsen überwogen die Zugänge an Arbeitslosen.

Die Verhältnisse im Baugewerbe haben sich in der Berichtswoche nicht wesentlich geändert.

Die Arbeitsaufnahme und weitere Beschäftigung im Baugewerbe wird nach Meldungen aus einer Reihe von Bezirken anscheinend aus Mangel an Baukapital merklich gehemmt. So sollen dem Vernehmen nach an Stelle der im Bauprogramm von Frankfurt a. Main vorgesehenen 4000 Wohnungen voraussichtlich nur 900 bezugsfertig werden. Wegen Mangels an Zuschüssen mußten stellenweise in Sachsen unvollendete Schulneubauten stillgelegt werden.

Bezirklich wird aus der Nordmark und aus Bayern über eine weitere Besserung der Arbeitsmarktlage und aus Schlesien und Niedersachsen über eine nur ganz geringe weitere Entlastung des Arbeitsmarktes berichtet. Auch in Brandenburg hielt die günstige Entwicklung an bei einem gleichzeitigen Ansteigen der Neumeldungen infolge Zuzugs von Bauhandwerkern von auswärts. In den weiteren Bezirken hat sich der Zu- und Abgang an Arbeitssuchenden im wesentlichen ausgeglichen; Sachsen verzeichnete stellenweise einen Rückgang des Beschäftigungsgrades.

Tüchtige, insbesondere ältere und erfahrene Maurer wurden weiter lebhaft verlangt. Sie fehlten in Bremen und im Bezirk Freising (Bayern); auch Arbeitsämter verschiedener anderer Bezirke mußten einen Teil ihres Bedarfs an Maurern von auswärts decken. Maler wurden in Pommern verhältnismäßig stark verlangt, besonders jüngere Kräfte waren begehrt.

Für Maler in der Nordmark boten sich für Schiffsarbeiten gute Unterbringungsmöglichkeiten, die aber nicht ausreichten, um einen Ausgleich für die infolge der regnerischen Witterung zur Entlassung gekommenen Maler herbeizuführen. Für Ingolstadt (Bayern) mußte zwischenbezirklicher Ausgleich für Maler einsetzen. Für Zimmerer, deren Arbeitsmarkt überwiegend noch verhältnismäßig ungünstig ist, setzte in Südwestdeutschland eine wesentliche Belebung ein; auch in der Nordmark wurden Zimmerer neben Maurern in erster Linie verlangt.

Im Tiefbau konnten im Bezirk Aschaffenburg (Bayern) zahlreiche Vermittlungen zum Staustufenbau in Kleinheubach getätigt werden; eine Verschlechterung trat im Bezirk Ludwigshafen infolge Beendigung von großen Erdarbeiten ein. In Südwestdeutschland sehr rege Nachfrage nach Hilfsarbeitern im Tiefbau, hauptsächlich für jüngere Kräfte, für Weg- und Kanalbauten, Straßeninstandsetzungsarbeiten, Kabelverlegungen und den Gasfernleitungsbau. Die Zahl der bei den Maßnahmen der wertschaffenden Arbeitslosenfürsorge untergebrachten Notstandsarbeiter in Südwestdeutschland hat sich von 4251 auf 4016 Mann weiter vermindert. Die in Ostpreußen zahlreich entlassenen Drainagearbeiter werden voraussichtlich erst nach dem Kleeschnitt wieder eingestellt.

PATENTBERICHT.

Wegen der Vorbemerkung (Erläuterung der nachstehenden Angaben) s. Heft I vom 6. Januar 1928, S. 18.

Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 21 vom 23. Mai 1929.

- Kl. 5 c, Gr. 9. P 49 758. Cuno Pohl, Recklinghausen, Reitzensteinstraße 18. Nachgiebiger Streckenausbau mit ausgekehlten Betonsteinen. 11. II. 25.
- Kl. 5 c, Gr. 10. H 112 431. Carl Heinemann, Hörde i. W., Semerteich 8. Firstabstützung. 25. VII. 27.
- Kl. 5 d, Gr. 15. B 130 627. Dr. Theodor Breuer, Myslowitz, Polen; Vertr.: Paul Oswald, Beuthen O.-S., Bahnhofstr. 40. Übergangsstück zur Überleitung von Spülversatzleitungen aus Eisenbeton zu solchen aus Eisen oder umgekehrt; Zus. z. Anm. B 128 371. 31. III. 27.
- Kl. 5 d, Gr. 15. G 71 950. Richard Golly, Beuthen O.-S., Bahnhofstraße 14. Spülversatzrohr nach Pat. 363 456 mit einem ein- oder mehrteiligen Ringkanal zur Kennzeichnung der Höchstabnutzung der Rohrsohle; Zus. z. Pat. 363 456. 10. XII. 27.
- Kl. 19 a, Gr. 6. D 53 151. Carl Doerr, Naumburg (Saale). Eisenbetonschwelle mit Mittelgelenk. 30. V. 27.
- Kl. 19 a, Gr. 28. W 73 829. Eduard Wille, Cronenberg, Rhld. Bohrer, insbes. für eingebaute Eisenbahnholzschnellen. 1. X. 26.
- Kl. 19 c, Gr. 3. Sch 84 445. Wilhelm Heinrich Schmitz, Dortmund, Hansastr. 3. Verfahren zur Herstellung eines Asphaltbelages nach dem Mischverfahren unter Benutzung einer Asphalt-Emulsion. 8. XI. 27.
- Kl. 19 c, Gr. 9. C 37 831. Ernst Hjalmar Carlsson, Oskarshamn, Schweden; Vertr.: F. Meffert und Dr. L. Sell, Pat.-Anwälte, Berlin SW 68. Kupplung zwischen Motorwelle und Hubscheibe einer fahrbaren Pflasterramme. 15. II. 26. Schweden 16. II. 25.
- Kl. 20 g, Gr. 1. M 100 126. Theodorus Willem Mundt, Bilthoven, Holland; Vertr.: Dr. O. Arendt, Pat.-Anw., Berlin W 15. Drehscheibe mit durchlaufenden, einfach statisch unbestimmt aufgelagerten Hauptträgern auf drei Stützpunkten. 16. VI. 27.
- Kl. 20 g, Gr. 4. H 113 204. Dipl.-Ing. Wilhelm Heuberger, Berlin W 15, Uhlandstr. 46. Fahrbarer Abstellbock für Schienenfahrzeuge. 23. IX. 27.
- Kl. 20 i, Gr. 8. E 38 933. Elektro-Thermit G. m. b. H., Berlin-Tempelhof, Colditzstr. 37-39. Weichenzunge für Vignolweichen; Zus. z. Anm. E 37 394. 11. III. 29.
- Kl. 20 i, Gr. 8. G 75 214. Gustav Grohmann, Berlin N 65, Malplaquetstraße 27. Straßenbahn-Federzungenweiche. 20. XII. 28.
- Kl. 20 i, Gr. 8. G 75 887. Gutehoffnungshütte Oberhausen Akt.-Ges., Oberhausen, Rheinl. Federzunge für Straßenbahnweichen. 12. III. 29.
- Kl. 20 i, Gr. 9. S 80 054. Siemens-Schuckertwerke Akt.-Ges., Berlin-Siemensstadt. Zahnstangenweiche für Zahnradbahnen. 4. VI. 27.
- Kl. 20 i, Gr. 38. S 74 815. Siemens & Halske Akt.-Ges., Berlin-Siemensstadt. Halbselbsttätiges Stellwerk. 5. VI. 26.
- Kl. 20 i, Gr. 39. T 34 158. Telefon-Telegraphen-Apparate-Bauanstalt Alfred Schneider, Breslau-Brockau. Sicherheitseinrichtung für Eisenbahnübergänge. 31. X. 27.
- Kl. 20 i, Gr. 44. M 101 393. Karl Marzolf, Porz Rh., Eugen Schneider, Köln-Deutz, Kalker Str. 2 und Ernst Benke, Köln-Nippes, Nesselrodestr. 11. Schaltanlage zum Schließen von Knallsignalen für Eisenbahnen. 26. IX. 27.
- Kl. 20 k, Gr. 9. H 113 511. Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., Berlin. Vogelschutz für Bahnisolatoren. 13. X. 27.
- Kl. 35 b, Gr. 6. D 52 906. Demag Akt.-Ges., Duisburg. Vorrichtung zum Befördern, Öffnen und Schließen von Klappkübeln. 4. V. 27.
- Kl. 36 d, Gr. 14. K 104 744. Gebr. Körting Akt.-Ges., Hannover-Linden, Badenstedter Str. 60. Vorrichtung zur Belüftung und Befuchtung von Räumen. 17. VI. 27.
- Kl. 37 b, Gr. 5. S 73 305. Viktor Sigetter, Budapest; Vertr.: Dr. O. Arendt, Pat.-Anw., Berlin W 15. Aus einem Blechstreifen gestanzter, von einem mittleren Teil aus zu zwei spreizbaren Schenkeln zusammengebogener Mauerdübel. 11. II. 26. Ungarn 26. IX. 25.
- Kl. 37 d, Gr. 24. W 73 345. Carl Werkenhain, Bad Tölz. Versteifung der Rahmen von Türen. 11. VIII. 26.
- Kl. 37 d, Gr. 32. K 106 796. Dipl.-Ing. Carl Kapferer, Elbart, Oberpfalz. Werkzeug zum Bearbeiten von Putzflächen; Zus. z. Pat. 445 741. 10. XI. 27.
- Kl. 37 f, Gr. 8. S 68 167. Dr.-Ing. e. h. Otto Krell, Berlin-Dahlem, Cronberger Str. 26. Schwimmende Luftschiffhalle. 22. XII. 1924.
- Kl. 42 c, Gr. 5. C 41 078. Cooke, Troughton & Simms, Limited, York, County of York, England; Vertr.: Dr. E. Müller, Pat.-Anw., Berlin W 9. Theodolit oder ähnliches Winkelmeßgerät. 17. II. 28. England 26. II. 27.
- Kl. 62 a, Gr. 41. K 108 046. Dr.-Ing. e. h. Otto Krell, Berlin-Dahlem, Cronberger Str. 26. Verankerungsvorrichtung für Luftschiffe; Zus. z. Pat. 438 999. 16. II. 28.
- Kl. 65 a¹, Gr. 1. W 79 342. Werft Nobiskrug G. m. b. H., Rendsburg. Schwimmkörper für Ladung nassen Kieses oder Sandes. 14. V. 28.
- Kl. 80 a, Gr. 46. D 50 357. Svend Dyhr, Berlin-Charlottenburg, Knesebeckstr. 72. Preßluftschleudervorrichtung für Beton, Mörtel, Sand und ähnliche Massen; Zus. z. Pat. 445 815. 3. V. 26.
- Kl. 80 b, Gr. 1. O 16 393. Sven Ludvig Alexander Odén, Stockholm, Donovan Ragnar, Efraim Werner, Djursholm, und Stig Giertz-Hedström, Stockholm; Vertr.: Gustav Weber, Hamburg 36, Holstenwall 8. Verfahren zur Herstellung poröser Baustoffe. 28. III. 27.
- Kl. 81 c, Gr. 127. M 102 600. Dr. Ernst Voigt, Cottbus, und Mitteldeutsche Stahlwerke Akt.-Ges., Berlin W 8, Wilhelmstraße 71. Abraumdörderbrücke mit mehreren voneinander unabhängigen Förderern. 21. XII. 27.
- Kl. 85 c, Gr. 6. B 137 369. Bruno Brondt, Breslau, Liegnitzer Str. 21. Abwässerklärereinrichtung mit einem dichten Verschluss zwischen Absitzraum und Faulraum. 7. V. 28.
- Kl. 85 e, Gr. 9. M 101 986. Josef Muchka, Wien; Vertr.: Dr. G. Lotterhos, Pat.-Anw., Frankfurt a. M. Sinkkasten mit Einrichtung zum Abscheiden von Leichtflüssigkeiten aus Abwässern und einem im Unterteil des Abscheideraums einmündenden Einlaufstutzen. 1. XI. 27. Österreich 1. X. 27.

BÜCHERBESPRECHUNGEN.

Die Großmarkthalle in Frankfurt am Main. Herausgeber: Ernährungsamt und Hochbauamt Frankfurt a. M. Verlag Englert & Schlosser, Frankfurt a. M. Preis RM. 3.—.

Die Frankfurter Großmarkthalle ist im Oktober 1928 ihrer Bestimmung übergeben worden. Die Tore dieses Großbauwerks, das von der Fachwelt schon lange mit Interesse verfolgt und häufig besprochen worden ist, konnten nicht ohne einen Akt besonderer Besinnung auf die Bedeutung des geschaffenen Werks geöffnet werden. In einer schmucken Festschrift mit obengenanntem Titel ist diese Besinnung niedergelegt werden. Die Bauaufgabe der Großmarkthalle, ihre technischen Einrichtungen, ihre Eisenbahnanlagen sind darin von den Schöpfern der Arbeiten aus der Fülle ihres Erlebens der Problemschwierigkeiten heraus beschrieben worden. Eine Würdigung der architektonischen und städtebaulichen Leistung geht voran. Weitere Abhandlungen stellen von verschiedenen Gesichtspunkten die Bedeutung der neuen Großmarkthalle für das Frankfurter Wirtschaftsleben wie auch den internationalen Lebensmittelverkehr dar. Eine kurze Beschreibung der Schalenbauweise Zeiß-Dywidag, besonders des bei der Markthalle 15mal als oberen Raumabschluß verwendeten Zeiß-Dywidag-Tonnengewölbes, beschließt die Schrift, jenes neuartigen Konstruktionsglieds, das, nicht als ebenes Bogenproblem, sondern als räumlicher Plattenbalken mit gebogener Platte berechnet, außerordentlich dünne und elegante Tragkonstruktionen ergibt und dem

Eisenbeton erst so recht das Gebiet des Großhallenbaues erschlossen hat, besonders auch in wirtschaftlicher Hinsicht. Am Schlusse einer den Bauingenieur besonders interessierenden Erörterung der Konstruktionswahl, die bei der mächtigen Größe der Halle besonders schöne Aufgaben bot, schreibt der Erbauer: „In enger Zusammenarbeit zwischen Architekt und Ingenieur entstand eine Lösung, die zugleich als Gewinn eine glänzende Belichtung und Belüftung mit sich brachte und der Halle ein frisches und heiteres Gepräge gibt.“ Architekt und Ingenieur haben sich gefunden zu gemeinsamer Arbeit. Und wer es erleben will, in welchem Maße dies hier der Fall war, verfolge den Gang der Entwicklung von der Stuttgarter Markthalle desselben Schöpfers zur Frankfurter Markthalle. Einen Markstein am Wege der Baugeschichte sehen wir alsdann in der Frankfurter Halle vor uns.

Es konnten in einer Festschrift nicht in die Einzelheiten des geschaffenen Werkes eingehende Betrachtungen angestellt werden. Bilder sollten vor allen Dingen sprechen. Und die zahlreichen, zum Teil ganz vorzüglichen Abbildungen des gesamten Bauwerks wie auch seiner Einzelheiten tun dies beredt genug. Wir haben sie nicht zu kommentieren nötig. Ein kleiner Grundriß der Anlage hätte allerdings die Übersicht bedeutend erleichtert und wird wohl auch von manchem Laien vermißt werden. Die schöne und für ihre Ausstattung billige Festschrift kann nur zur Beschaffung empfohlen werden.

Dr.-Ing. A. Hummel-Berlin.