

# ARMIERTER BETON.

1917. Oktober.

## INHALT

Bedingungen für Beton- und Eisenbetonarbeiten. S. 217.  
Graphische Tabelle zur Bemessung einfach und doppeltbewehrter Eisenbetonquerschnitte mit „rechteckiger“ Druckzone bei reiner Biegung und beliebigen Spannungen. Von Dipl.-Ing. Alf. Manger, i. Fa. Gebr. Rank, München. S. 220.  
Neues Verfahren zur vereinfachten und scharfen Berechnung eingespannter Gewölbe und Balken. Von Dr.-Ing. Heinrich Neumann. S. 226.

Bekanntmachung Nr. E. 1091/5. 17. K. R. A., betreffend Beschlagnahme und Bestandserhebung von Stab-, Form- und Moniereisen vom 7. Juni 1917. S. 231.

Ankerbolzen-Fußbodenlager zur Befestigung von Maschinen auf Massivdecken. Von K. Böhm, Gera. S. 233.

Literaturschau. Bearbeitet von Dr.-Ing. W. Kunze (Dresden). S. 235.

## BEDINGUNGEN FÜR BETON- UND EISENBETONARBEITEN.

Vom Vorstande des Deutschen Betonvereins und des Betonbau-Arbeitgeber-Verbandes sind neue Bedingungen für Beton- und Eisenbetonarbeiten herausgegeben worden. Der Stoff ist in drei Hauptteile geordnet und zwar:

1. in allgemeine Bedingungen — vorwiegend die für Bauherren und Unternehmer gleich wichtigen Rechtsverhältnisse berücksichtigend;
2. in Ausführungsbestimmungen, die deshalb kurz gehalten werden konnten, weil in ihnen wesentlich auf die vom Deutschen Ausschuss für Eisenbeton aufgestellten Bestimmungen zu verweisen war;
3. in Abrechnungsbedingungen, die, nach Umfang und Art einen besonders schwierigen Stoff darstellend, für die Praxis von besonderer Bedeutung sind und die deshalb in den nachfolgenden Ausführungen — neben Teil 1 — besonders hervorgehoben werden sollen.

**Teil 1** behandelt zunächst den „Vertragsgegenstand“, dessen Art und Umfang aus den Vertragsunterlagen ersichtlich sein muß. Jegliche in diesen Unterlagen nicht aufgeführte Leistung ist dem Unternehmer besonders zu vergüten. Werden Änderungen nach Vertragsabschluß notwendig, z. B. hinsichtlich der Bauart, der Abmessungen usw., so sind etwaige Vorbehalte des Bauherrn bzw. des Unternehmers vor Inangriffnahme der betreffenden Arbeiten oder Änderungen zu machen, auch endgültige Festsetzungen hierüber auf Verlangen einer Vertragspartei vorher zu treffen.

Weiter werden behandelt die „allgemeinen Rechte und Pflichten der Bauherrschaft und des Unternehmers“. Hier ist besonders bemerkenswert, daß die kostenlose Herstellung der Bauvorlagen nur alsdann dem Unternehmer obliegt, wenn er sich hierzu der Bauherrschaft gegenüber verpflichtet hat, daß diese Unterlagen

Eigentum des Unternehmers bleiben, unbefugten Dritten nicht zugänglich gemacht werden dürfen und auf Verlangen zurückzugeben sind.

Bodenuntersuchungen sind, falls sie dem Unternehmer nicht besonders vergütet werden, von der für sie auch verantwortlichen Bauherrschaft auszuführen. Ebenso hat die Bauherrschaft die Unterlagen für die Absteckung des Baues zu liefern, baupolizeiliche Prüfungsgebühren, die Kosten der Probelastungen usw. zu tragen<sup>1)</sup>, während dem Unternehmer die Lasten aus der sozialen Gesetzgebung, die Haftpflicht für Personen- und Sachschaden im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen obliegen, ihm aber Bauwerksbeschädigungen durch Einwirkungen höherer Gewalt zu angemessenen Preisen zu vergüten sind. Sollte während der Bauausführung ohne Verschulden des Unternehmers eine Erhöhung der ortsüblichen oder tariflichen Löhne stattfinden, so hat der Unternehmer Anspruch auf entsprechende Erhöhung seiner Vertragspreise.

In dem Abschnitte über „Fertigstellungsarbeiten“ wird bestimmt, daß bei Ermittlung oder Festsetzung der Fristen Sonn- und Feiertage nicht in Rechnung zu stellen sind, daß eine Fristverlängerung eintritt infolge von Witterungseinflüssen, höherer Gewalt, elementaren Ereignissen, Arbeitsniederlegung, Aussperrung der Arbeiter, Verkürzung der üblichen Arbeitszeit, endlich bei Behinderung der Fortführung des Baubetriebes infolge Maßnahmen und Unterlassungen von Behörden, der Bauherrschaft oder anderer Unternehmer. Die Fristverlängerung berechnet sich nach der Behinderungsdauer zuzüglich einer

<sup>1)</sup> Wegen der durch die baupolizeiliche Überwachung entstehenden Kosten wird auf den Runderlaß des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 16. April 1904 (Z. d. B. 1904, S. 253) verwiesen. — Baustelleinrichtungen, größere Rüstungen usw. sind im Vertragskostenschlag besonders aufzuführen. Werden solche Gerüste von anderer Seite geliefert, so sind sie dem Unternehmer der Verbundarbeiten bei Beginn seiner Ausführung kostenlos zur Verfügung zu stellen.

angemessenen Zeit für Wiederaufnahme bzw. Verschiebung der Arbeit.

Überschreitet der Unternehmer die Lieferungsfristen durch ihm nachzuweisendes Verschulden, so kann eine Verzugsstrafe eintreten, die nicht mehr als eins vom Tausend der Auftragssumme für eine Woche Fristüberschreitung beträgt und die einzige Inanspruchnahme des Unternehmers für die in Frage stehende Fristüberschreitung bildet. Andererseits muß aber bei Festsetzung einer Verzugsstrafe in gleicher Höhe eine Beschleunigungsvergütung bei früherer Fertigstellung gewährt werden.

Wird die Abnahme — auch von Teilen des Bauwerkes — beantragt, so hat sie innerhalb von 14 Tagen zu erfolgen, widrigenfalls sie als geschehen gilt. Das gleiche tritt ein bei Ingebrauchnahme des Baus.

Bezüglich der „Gewährleistung“ ist festgesetzt, daß der Unternehmer noch 2 Jahre nach der Abnahme haftet, daß er während dieser Zeit nur verpflichtet ist, auf seine Kosten solche Mängel zu beseitigen, die infolge schlechter Ausführung oder schlechter, von ihm s. Z. gelieferter Baustoffe auftreten, und zwar nur auf Grund schriftlicher Aufforderung des Bauherrn. Letzterer darf die Schäden nur selbst auf Kosten des Unternehmers beseitigen mit dessen Genehmigung oder wenn dieser seiner Verpflichtung nicht nachkommt. Gewährleistung kann bis zu 5 v. H. der Auftragssumme gefordert werden.

„Zahlungen“. Bei Auftragserteilung sind 25 v. H. der Auftragssumme zu entrichten, denen in angemessenen Fristen Abschlagszahlungen in Höhe von 90 v. H. der geleisteten Arbeiten zu folgen haben. Hierbei sind die Anzahlungen ausschließlich zu verrechnen. Tagelohn-Rechnungen sind ohne Aufschub voll zu zahlen. Die Schlußrechnung ist spätestens in 4 Wochen nach Einreichung zu prüfen und innerhalb weiterer 14 Tage zu zahlen. Nichtinnehaltung der Zahlungspflichten berechtigt den Unternehmer, vom Vertrage zurückzutreten oder die Arbeit unter Vorbehalt des Schadenersatzes bis zur Zahlung des Rückstandes einzustellen.

Konkurs des Unternehmers berechtigt den Bauherrn den Vertrag aufzuheben; dasselbe gilt beim Tode des Unternehmers, wobei beide Seiten zur Vertragsauflösung berechtigt sind.

Streitigkeiten sind nach der Schiedsgerichtsordnung des Deutschen Beton-Vereins zu entscheiden.

Bezüglich des **zweiten Hauptteils**: Ausführungsbedingungen, ist nur auf die vom Deutschen Ausschluß für Eisenbeton im Oktober 1915 aufgestellten Bestimmungen verwiesen (Bauwerke aus Beton, desgl. aus Eisenbeton) und hieran eine Zusammenstellung der Einführungszeiten und bezüglichen Erlasse in den Bundesstaaten geknüpft.

**Der dritte Hauptteil**: Abrechnungsbedingungen enthält Bestimmungen über die Hauptleistungen, Nebenleistungen und Tagelohnarbeiten.

Die wichtigsten der hierher gehörenden Ausführungen sind:

### I. Hauptleistungen:

Soweit nicht Pauschalbeträge vereinbart sind, findet die Abrechnung der Arbeiten und Lieferungen auf Grund des Aufmaßes bzw. sonstigen Nachweises der wirklichen Leistungen statt.

Baugrubenausschachtungen sind mit dem notwendigen Arbeitsraum, nach dem Rauminhalt der festen Baugrubenmasse zu berechnen. Soweit keine Aussteifungen der Baugruben nötig oder vereinbart sind, sind dem Gleitwinkel anzupassende Böschungen zu berücksichtigen. In den Ausschachtungen angetroffene brauchbare Baustoffe verbleiben kostenlos Eigentum des Unternehmers, sofern keine gegenteiligen Vereinbarungen getroffen sind.

Ramppfähle und Spundwände werden in ihrer ganzen Länge von Unterkante Spitze bis Oberkante Kopf vergütet, Spundwände in der Wand von Außenkante zu Außenkante über Bund und Eckpfähle hinweggemessen. Bei Rammpfählen ist für die Lieferung und für das Rammen die Länge des Pfahles, wie er unter die Ramme kommt, maßgebend. Für Minderrammungen, die unbeschadet des Verwendungszweckes der Pfähle sich aus den Bodenverhältnissen ergeben, treten keine Abzüge ein. Erforderliche Tieferrammungen und Aufsattelungen werden besonders vergütet.

Stampfbeton und Eisenbeton sind in fertigem Zustande zu vermessen, soweit nicht Stückpreise in Frage kommen. Die Lieferung der Eiseneinlagen ist in den Preisen für Eisenbeton eingeschlossen. Die Sichtflächen sind für gewöhnlich schalungsrauh zu liefern. Bei Vermessung nach cbm werden Hohlräume und Aussparungen nur bis zu 1 cbm Einzelausmaß, bei Vermessung nach qm Öffnungen und Aussparungen nur bis zu 2 qm Einzellichtfläche nicht abgezogen. Bei größeren Öffnungen ist an Stelle einer bogenförmigen Begrenzung die Sehne als Flächenumgrenzung einzuführen. Die Betonstärken werden einschließlich etwaigen Zementputzes, sowie einschließlich Kassettierungen und Vorsatzbeton berechnet. Einbindende und eingelagerte Baukörper, wie Werksteine, Träger aller Art, Balken usw., werden nicht abgezogen. Die Lieferung und das Versetzen dieser Teile ist besonders zu berechnen. Bei dünnen Wänden hat der Unternehmer für die voll gemessenen Öffnungen die etwa erforderlichen Türgestelle mitzuliefern und einzubauen. Bei Ausschluß von Materiallieferungen werden keinerlei Abzüge für Öffnungen und Aussparungen gemacht.

Für die Putzarbeiten ist das Aufmaß der Putzflächen in der äußeren Abwicklung maßgebend. Öffnungen bis 2 qm werden in den Putzflächen nicht abgezogen.

Eisenbetondecken werden in der wirklich ausgeführten Deckenoberfläche, also über alle Balken, Unterzüge, einbetonierten eisernen Träger, Stürze und Stützen, ferner über alle überbetonierten Pfeiler und Zwischenwände hinweg gemessen unter Einrechnung der statisch notwendigen oder zweckmäßigen Auflagerflächen. Wegen Abzugs von Öffnungen und Aussparungen gilt das Vorgesagte.

Träger und Stürze werden, falls sie einzeln zu verrechnen sind, in ihrer voll ausgeführten Länge, einschließlich ihrer Auflager und der Durchkreuzungen an anderen Trägern oder an Säulen aufgemessen.

Die Eisenbetonstützen und -säulen sind im untersten Geschoß von Oberkante Fundament bis Oberkante Decke, bei den weiteren Decken von Oberkante Decke zu Oberkante Decke zu messen. Die Fundamente sind, wenn nichts anderes vereinbart ist, in den Einheitspreisen der Stützen und Säulen nicht enthalten, vielmehr besonders zu verrechnen, und zwar die Fundamentklütze nach cbm und die Stützen- und Säulenfüße nach Stückpreisen.

Schräge Dachflächen werden nach ihren abgewickelten Oberflächen gemessen. Dachsterausbauten, Betonrinnen und Gesimsabdeckungen werden als Dachfläche abgewickelt gemessen und für Mehrarbeiten und Erschwernisse ein Zuschlag berechnet. Oberlichtöffnungen werden mangels anderer Vereinbarung voll gemessen und die bis 40 cm hohen Aufbördelungen dafür nicht in Ansatz gebracht.

Vorgestreckte Gesimse sind als Decken- oder Dachflächen mitzumessen. Außerdem ist ein Zuschlag für das je nach der Schwierigkeit der Ausführung zu berechnen.

Bei Behältern und Silos werden die Wände und Böden in ihren Außenflächen zwischen den Außenkanten aufgemessen und Kreuzungen durchgemessen.

Fußböden und Estriche werden, sofern sie nicht als Zuschlag zum Deckenpreise verrechnet werden, in der Oberfläche gemessen. Aussparungen bis zu 2 qm Größe, Säulenquerschnitte, Pfeilervorlagen u. dergl. werden nicht abgezogen.

Treppenstufen und Treppenläufe können nach Maß, nach Stück oder nach Metern berechnet werden. Podeste werden an ihrer Oberfläche aufgemessen.

## II. Nebenleistungen.

In den im Vertragskostenanschläge festgesetzten Pauschalsummen oder Einheitspreisen sind, wenn keine besonderen Vorbehalte vereinbart

sind, außer den eigentlichen Baukosten auch die allgemeinen Nebenleistungen, welche zur Herstellung der übernommenen Arbeiten notwendig sind, einbegriffen, und zwar Vorhaltung der erforderlichen Geräte, Werkzeuge, Baumaschinen, Vorhaltung und Herstellung der erforderlichen Einschaltungen, Beschaffung der Betriebskraft, Absteckung der einzelnen Bauteile, endlich Unterhaltung der einzelnen Bauteile bis zur Abnahme, soweit für Beschädigungen der Unternehmer aufzukommen hat.

Der Bauherrschaft obliegt hingegen die kostenlose Stellung von benutzbaren Arbeits- und Lagerplätzen, Zufahrts- und Verkehrswegen, Bau- und Trinkwasser am Bau, sowie die ausreichende Beleuchtung.

Im Tagelohn oder nach besonderen Einheitspreisen sind dem Unternehmer zu vergüten: Arbeiten an Bauzäunen, Bau- und Mannschaftsbuden- und Aborten, die Lieferung, das Einbauen und das Vergießen von eisernen Trägern, Unterlagsplatten, Rahmen, Rohren, Rohrstützen, Anker und dergl., das Schließen und Abdichten von Öffnungen, das nachträgliche Stemmen von Löchern für Transmissionen, Rohrleitungen, Lichtleitungen usw., das Reinigen der Arbeitsplätze, Gerüste, Schalungen und der einzelnen Bauteile von Schnee und Eis und von Schutt, der nicht durch den Unternehmer verursacht ist, die zur sicheren Aufstellung der Schalungsgerüste erforderliche Reinigung, Planierung und Befestigung des Baugrundes, etwa erforderliche Wasserhaltungsarbeiten, endlich die Absteifung und Unterfangung von Nachbargebäuden, die Beseitigung von Baumwurzeln, Steinen, Felsen, alten Baukörpern und dergl.

Im Unterabschnitt III, Tagelohnarbeiten, sind in Form eines Schemas sowohl die vorkommenden Arbeiten aufgeführt, für die ein Normaltagelohn zu gewähren ist, als auch zur Zuschläge hingewiesen, die zu zahlen sind für Überstunden, Nachtarbeit, Festtagsarbeit, Wasserarbeit, für Arbeit an Gerüsten über 15 m Höhe, endlich Arbeiten mit Carbolineum und Teer.

Bei Tagelohnarbeiten, die nicht unter ständiger Polieraufsicht stehen, ist auf je 15 Mannschaftsstunden eine Polierstunde zu rechnen.

Für Vorhalten von Kleingeräten und Werkzeugen sind 5 v. H. der Tagelöhne als Zusatz zu gewähren; auch ist das Schärfen von Hacken, Hämmern usw. besonders zu bezahlen. Zudem ist vorgesehen, daß nach der Baustelle gelieferte Baustoffe bezahlt werden: Zement nach kg, Sand, Kies, Steinschlag, Steinsplitt nach je 100 l, Rundeisen nach kg. Endlich ist das Vorhalten von Kantholz und Rundholz nach der Einheit von cbm, Schalungs- und Rüstungsbretter nach qm, Antriebs- und Fördermaschinen nach Stück, eine gewöhnliche Lampe nach Brennstunden zu vergüten.

Schon diese kurze Zusammenfassung läßt erkennen, daß es sich bei den vorliegenden Bedingungen für Beton- und Eisenbetonarbeiten um eine Bearbeitung von hohem praktischen Werte handelt, bei der einerseits die bei Beton- und Verbundbauten bisher üblich gewordenen Gebräuche ausreichende Berücksichtigung gefunden haben, andererseits aber auch den Interessen sowohl des Bauherrn wie der Unter-

nehmer weitgehendst Rechnung getragen wird. Demgemäß ist bestimmt zu erwarten, daß das ganze Werk den häufig recht unliebsam empfundenen Mißständen bei Auslegung der Bauverträge und Behandlung der Abrechnungen bestens abhelfen wird. Demgemäß wird die Praxis des gesamten Beton- und Verbundbaus die wertvolle Einigungsarbeit der beiden vorgenannten Körperschaften dankbarst begrüßen. M. F.

## GRAPHISCHE TABELLE ZUR BEMESSUNG EINFACH UND DOPPELT-BEWEHRTER EISENBETONQUERSCHNITTE MIT „RECHTECKIGER“ DRUCKZONE BEI REINER BIEGUNG UND BELIEBIGEN SPANNUNGEN<sup>1)</sup>.

Von Dipl.-Ing. Alf. Manger.  
i. Fa. Gebr. Rank, München.

1. Fig. 1 entstand neben den vielen, z. T. vorzüglichen Tabellen der Literatur aus folgenden Hauptgründen: Abgesehen davon, daß sie die sehr verkürzte und verallgemeinerte Berechnungsmethode auf einem Blatt enthält, stellt sie ein sehr übersichtliches Bild der Beziehungen zwischen den einzelnen Querschnittsgrößen dar. Somit ist die Methode nach den meisten Richtungen umkehrbar, was besonders beim Entwerfen wertvoll ist. Ferner gibt sie sofort an, ob die im einzelnen Fall erzielten Resultate genau oder angenähert sind (Lage der Nulllinie). Dieselben zeigen gegenüber der umständlichen genauen Berechnung einen durch das graphische Verfahren bedingten Fehler, der  $\leq 1\%$  ist. Nur in einzelnen Ausnahmefällen kann er bis  $2\%$  steigen (bei sehr hohen Betonspannungen und niedriger Eisenspannung, also ganz selten)! Auch ergänzt sie nach gewissen Richtungen andere Methoden und erleichtert die Berechnung der Schubspannungen.

Bevor in Nr. 36–47 zur Anwendung übergegangen wird, erfolge zuerst kurz die

### 2. Theoretische Erklärung.

3. Wir unterscheiden in der Tabelle: **a)** die obere Linie ( $q$ -Werte) bzw. ( $l$ -Werte). **b)** die 2. Linie  $\sigma_b$  (von 25–65  $\text{k/cm}^2$ ). **c)** die 3. Linie ( $\alpha$ ) von  $\alpha = 30$ –60! **d)** die obere Tabellenhälfte für  $f_e' = 0$ ; links davon in lotrechter Reihe die Werte  $\sigma_e$  (1250–750)<sup>2)</sup>. Betrachten wir die Wagerechten durch  $\sigma_e$  und die Lotrechten durch  $\sigma_b$  als Abszissen bzw. Ordinaten eines rechtwinkligen Koordinatensystems, so stellt deren Schnittpunkt den Punkt  $\sigma_e/\sigma_b$  dar. Beispiel: Punkt A (s. dort) ist = 1125/48!

<sup>1)</sup> Von  $\sigma_b = 25$ –65  $\text{k/cm}^2$ ,  $\sigma_e = 750$ –1250  $\text{k/cm}^2$ . Treten auch Normalkräfte auf, so läßt sich die Tabelle gut verwenden, wenn man die „in Bezug auf die Zug-eisen“ ausgerechneten Momente einführt, die Spannungen bzw. Eisen ausrechnet und von letzteren den Betrag  $N/\sigma_e$  abzieht (also die Eisen verringert). Vergl. hierüber: Deutsche Bauzeitung 1914, Nr. 22, Aufsatz von Dipl.-Ing. Stark und Dänkelmann. Vergl. auch: Beton und Eisen 1915, Nr. XII, XIII, Aufsatz von B. Löser.

<sup>2)</sup> Unter  $\sigma_e, \sigma_b$  sind die Randspannungen im Balken zu verstehen.

**e)** die  $\alpha$ -Kurven (rasch steigend!) **f)** die  $\beta$ -Kurven (flach). In jedem Punkt  $\sigma_e/\sigma_b$  schneiden sich also 2  $\alpha$ - bzw.  $\beta$ -Kurven! Beispiel: bei A (1125/48) ist  $\alpha = 35$ ,  $\beta = 0,292$ . Die  $\beta$ -Werte sind am rechten bzw. linken bzw. unteren Rand der Tabelle abzulesen. Zwischen den angegebenen Werten wird interpoliert! **g)** Unten links (lotrechte Spalte) die  $q$ -Werte: die Linien sind die Verlängerungen der  $q$ -Linien in der ersten oberen Linie (s. Nr. 2'a)! **h)** daneben die Hauptformeln mit Übersichtsskizze. **i)** daneben die Tabelle der Reduktionsprozente für  $\sigma_e$  bei  $f_e' > 0$ ! **k)** daneben die Tabelle der Reduktionsprozente für  $\sigma_b$  bei  $f_e' > 0$ ! —

3. Setzt man:  $\sigma_e:\sigma_b = \gamma$ , so wird (vergl. Prof. Foerster: Material und Berechnung der Eisenbetonbauten, 1907, S. 131:

$$4. h' = \alpha \sqrt{\frac{M}{b}}, \text{ worin } \alpha = \frac{\gamma + n}{\sqrt{3\gamma + 2n}} \cdot \sqrt{\frac{6}{n \cdot \sigma_b}};$$

dies läßt sich schreiben

$$5. 6\gamma^2 + 12n\gamma + 6n^2 - 3n\alpha^2 \cdot \sigma_b \gamma - 2n^2\alpha^2 \sigma_b = 0.$$

Diese Gleichung wird, wenn  $n = 15$ :

$$6. 6\gamma^2 + \gamma [180 - 45\alpha^2 \sigma_b] + [1350 - 450\alpha^2 \cdot \sigma_b] = 0.$$

7. Wählt man hierin feste Werte für  $\sigma_b$  und  $\alpha$ , so ergibt sie

$$\gamma \text{ und } \sigma_e = \sigma_b \gamma!$$

Indem nun z. B. für  $\alpha = 0,38$  verschiedene Werte  $\sigma_b$  eingesetzt wurden, ergab die Gl. (6) jedesmal das zugehörige  $\sigma_e$ . Bei den so erzielten verschiedenen Punkten  $\sigma_e/\sigma_b$  ist also  $\alpha = 0,38$ ! deren Verbindungslinie liefert die Kurve  $\alpha = 0,38$ .

8. In der Tabelle sind aus praktischen Gründen die Werte  $\alpha$  und  $\beta$  in 100facher Vergrößerung angegeben!

Es ist z. B. bei 900/40 (s. dort) ungefähr  $\alpha = 38$ . Es entstanden auf diese Weise alle  $\alpha$ -Linien von  $\alpha = 60$  bis 28! (s. Nr. 2e).

9. Gl. (4) wird mit den Werten  $\alpha$  aus der Tabelle ( $h'$  = wirksame Balkenhöhe)

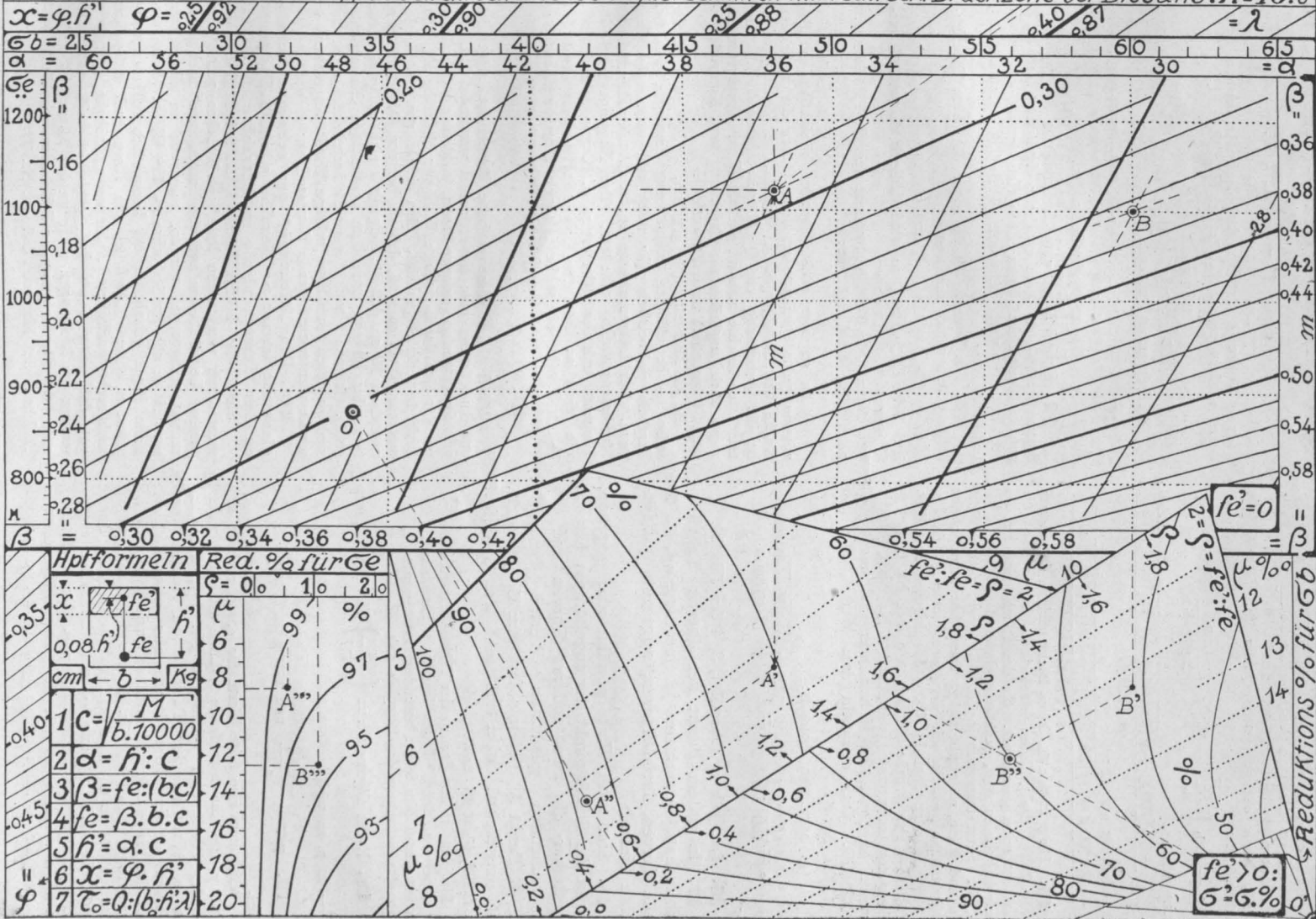
$$h' = \frac{\alpha}{100} \sqrt{\frac{M}{b}} = \alpha \sqrt{\frac{M}{b \cdot 10000}}.$$

Schreibt man  $c = \sqrt{\frac{M}{b \cdot 10000}}$ , so wird

$$10. h' = \alpha \cdot c. \text{ (Formeln 1, 2, 5 der Tabelle.)}$$

$c$  ist praktisch sehr leicht auszurechnen und liefert kleine Zahlenwerte! Denkbar einfach wird die Berech-

Bemessung von einfach bzw. doppelt-bewehrten Eisenbetonquerschnitten mit rechteck. Druckzone bei Biegung.  $\eta=15.0$



nung von  $c$ , wenn alle Maße in cm und kg eingeführt werden (verg! Nr. 37). Da  $c$  nur von  $m$  und  $b$ , also von gegebenen bzw. gewählten Größen abhängig ist, kann es als von Anfang an bekannte „**Problemkonstante**“ benannt werden!

**11.** Nach obenbenannter Quelle (S. 132, Gl. [5]) wird ebenfalls:

$$f_e = \beta \cdot b \sqrt{\frac{M}{b}}; \text{ wobei } \beta = \frac{n}{2\gamma(\gamma+n)} \cdot \alpha \cdot b.$$

Daraus wird:

$$\mathbf{12.} \quad \gamma = \frac{-2n(100\beta) + \sqrt{[2n(100\beta)]^2 + 8n[100\beta][100\alpha]}}{4(100\beta)}$$

**13.** oder mit  $n = 15$ :

$$\gamma = \frac{-30(100\beta) + \sqrt{[30(100\beta)]^2 + 120[100\beta][100\alpha]}}{4[100\beta]}$$

**14.** Da  $\gamma = \sigma_c : \sigma_b$ , ist es leicht, sich in der oberen Tabellenhälfte die  $\gamma$ -Linien einzutragen und setzen wir voraus, sie seien gezeichnet. (In der Tabelle sind sie, da es nur Hilfslinien sind, ganz weggelassen.)

**15.** Setzt man nun in Gl. (13) einen festen Wert für  $\alpha$  und  $\beta$  ein, so ergibt sie  $\gamma$ . Das heißt: beim Schnitt der gewählten  $\alpha$ -Linie mit der gerechneten  $\gamma$ -Linie (s. Nr. 13) ist  $\beta =$  dem in Gl. (13) eingesetzten Wert. Auf diese Weise wurde ähnlich wie bei Nr. 8 das  $\beta$ -Liniensystem aufgetragen (von  $\beta = 0,16$  bis  $0,58$ ), (Flache Kurven). Im Punkt 1200/55 liest man z. B. unmittelbar ab:  $\beta \approx 0,30$ . Dies entspricht dem Wert „100  $\beta$ “ in Gl. (13) (s. Nr. 8).

Gl. (14) wird nun ebenfalls:

$$f_e = \frac{\beta}{100} \cdot b \sqrt{\frac{M}{b}} = \beta \cdot b \cdot \sqrt{\frac{M}{b \cdot 10000}};$$

oder

$$\mathbf{16.} \quad f_e = \beta \cdot b \cdot c \quad (\text{Formel 1, 3, 4 der Tabelle}).$$

**17.** In jedem Punkt der oberen Tabellenhälfte schneiden sich nun je eine Linie  $\alpha\beta$ ,  $\sigma_c$ ,  $\sigma_b$  (steile Kurven, flache Kurven, wagrechte und lotrechte Linien!)

**18.** Sind zwei Werte gewählt oder gegeben, so gibt der Schnittpunkt der zugehörigen Kurven unmittelbar die zwei anderen Kurven und die entsprechenden gesuchten Werte! Beispiel: 1125/48 (Punkt A) liefert sofort  $\alpha = 35$ ,  $\beta = 0,292$ , und umgekehrt!  $\sigma_c = 1125$  und  $\alpha = 35$  liefert  $\beta = 0,292$ ,  $\sigma_b = 48$ , usw.

Bis jetzt ist das Prinzip der Tabelle dasselbe wie bei der Tabelle in Band VI des Handb. f. Eisenbeton. Wie sich aus deren Bau leicht besonders interessante Schlüsse ziehen lassen, zeigen die Beispiele (Nr. 37–47).

**18.** Es ist allgemein  $x = \left(\frac{n}{n+\gamma}\right) \cdot h'$ . Schreibt man  $\frac{n}{n+\gamma} = q$ , so wird

$$\mathbf{19.} \quad \gamma = \frac{n-n \cdot q}{q} \quad \text{und} \quad x = q \cdot h' \quad (\text{Formel 6, Tabelle}).$$

Wählt man also feste Werte für  $q$ , so rechnet sich leicht  $\gamma$  und die betreffende  $q$ -Linie ist gleichlaufend mit der berechneten  $\gamma$ -Linie (s. Nr. 14); diese  $q$ -Linien sind in der Tabelle zu finden, und zwar sind sie dort durch ihr oberes Ende (2. Tabellenzeile) und unteres Ende (links unten) festgelegt. Sind nun z. B. die Spannungen im Querschnitt  $= \sigma_c$  und  $\sigma_b$ , so ziehe man durch  $\sigma_c/\sigma_b$  eine Linie || zur  $q$ -Linie. Dieselbe ergibt oben bzw. unten unmittelbar  $q$ . Bei A (1125/48) lese ich ab, indem ich dort die Rechenschieberkante in Richtung der  $q$ -Linien anlege (gestrichelt):  $q = 0,392!$

**20.** Der bei der Berechnung der „Schubspannungen“ notwendige Wert  $e = h' - \frac{x}{3}$  wird mit Nr. 19

$$e = h' \left(1 - \frac{q}{3}\right) = \lambda \cdot h'.$$

Dieser Wert  $\lambda$  ist in der Tabelle unter dem Wert  $q$  abzulesen. Z. B.: Bei 1125/48 wird

$$\lambda \approx 0,872$$

(zwischen 0,87–0,88).

Bei bekannter Querkraft<sup>3)</sup> wird somit:

$$\mathbf{21.} \quad \tau_0 = \frac{Q}{\lambda \cdot b_0 \cdot h'} \quad (\text{Formel 7 der Tabelle}).$$

$b_0 =$  Stegbreite (s. Nr. 40).

**22.** Formel 21 gilt unter der Annahme die „wahren“ Spannungen  $\sigma_c$ ,  $\sigma_b$  seien ermittelt: denn dann erst ist  $\lambda$  genau zu ermitteln. Beim Entwerfen genügt es jedoch oft, da  $\lambda$  sehr wenig schwankt (0,92–0,86), anzunehmen:  $\lambda = 0,90$ .

**23.** Die Formeln 10, 16 sowie die obere Tabellenhälfte gelten genau nur, wenn

$$f_e' = 0$$

ist. Tritt  $f_e' > 0$  auf, so wird dadurch  $\sigma_c$  und  $\sigma_b$  verkleinert.

Wenn  $f_e' > 0$  ist, beantwortet nun die Tabelle unten unmittelbar die Grundfrage:

<sup>3)</sup> Es sei hier noch folgendes hinsichtlich der Bestimmung der Querkraft erwähnt: Haben die wirkenden Kräfte bzw. Auflagergrößen verschiedene Richtungen, so ist die Berechnung von  $Q$  oft sehr umständlich. Zum mindesten möchte man oft ein Mittel zu deren raschen, wenn auch angenäherten, Ermittlung bzw. Kontrolle besitzen (namentlich beim Entwerfen):

Ist die Momentenlinie gegeben, so lege man an dieselbe am betreffenden Schnitt eine Tangente, was bei Parabeln geometrisch sehr rasch und genau geschehen kann. Der Längenmaßstab sei z. B.  $= 1 : M_1$  und der Momentenmaßstab  $= 1 : M_m$ . Der Neigungswinkel der Tangenten mit der Stabachse sei z. B.  $= \alpha$ . Dann wird, wie leicht zu beweisen: „ganz allgemein und für jeden Punkt einer beliebigen Konstruktion“:

$$\mathbf{20'.} \quad Q = \text{tg } \alpha \cdot \frac{M_m}{M_1}.$$

Wie fruchtbar diese einfache Formel ist, zeigt sich erst dann, wenn man sie einigmal verwendet hat. Sie gibt für  $Q$  um so genauere Werte, je kleiner der Winkel  $\alpha$  ist, was sich durch richtige Wahl der Maßstäbe  $M_1$ ,  $M_m$  leicht bewerkstelligen läßt. Man wähle zuerst den Momentenmaßstab so groß, daß sie bequem abzulesen seien, und dann  $M_1$  so, daß die Neigung  $\alpha$  nicht zu groß werde (etwa bis  $60^\circ$  je nach dem erwünschten Genauigkeitsgrad). Ist nun  $\tau$  nach Formel 21 berechnet worden und sind zu deren Aufnahme „schräge Eisen“ vorgesehen, so wende man noch folgende Faustregel an:

**20''.** Die „Richtung“ der schrägen Schub-eisen ist immer  $\infty$  dieselbe wie die Tangente an der Momentenlinie im betrachteten Punkt:

Steigt also in der Zeichnung im Schnitt S die Momentenlinie von „unten links“ nach „oben rechts“, so müssen die Schub-eisen auch von „unten links“ nach „oben rechts“ hochgezogen werden, und zwar im allgemeinen so, daß sie mit der Stabachse  $\approx 45^\circ$  bilden. Diese einfache Regel erlaubt es bei komplizierten Bänderformen sofort zu wissen: „Muß ich die Eisen nach links oder nach rechts hochziehen?“ Sie veranschaulicht auch sehr gut, daß unter Umständen Schub-eisen in 2 zueinander senkrechten Richtungen nötig werden können. Sie zeigt auch, daß die Richtung der Schub-eisen unabhängig vom „Zeichen“ des Momentes ist! (S. Nr. 39.)

Um wieviel  $\frac{0}{100}$  reduzieren sich die Spannungen  $\sigma_e, \sigma_b$  im einfach armierten Querschnitt, wenn eine bestimmte Druckarmierung dazu kommt?

24. Aus der Formel

$$\sigma_e = \frac{M}{\left(h' - \frac{x}{3}\right) f_c} = \frac{M}{h' (\lambda) f_c}$$

ergibt sich, daß  $\sigma_e$  bei festgelegtem  $h'$  und  $f_c$  nur von  $\lambda$  abhängig ist. Ebenso geht es mit  $\sigma_b$ ! Da die Bestimmung von  $x$  bzw.  $\lambda$  der Berechnung der Schwerachse der wirksamen Beton- und Eisenflächen entspricht, ergibt sich, daß  $\lambda$  und somit  $\sigma_e, \sigma_b$  bei gegebenem  $M, b, h'$  nur vom Armierungsverhältnis  $\mu$  und vom Verhältnis  $\rho = f_c' : f_c$  abhängig sind. Vorausgesetzt ist dabei, daß der Abstand vom oberen Rand bis zu den Druckeisen ( $a'$ ) stets im selben Verhältnis zu  $h'$  erscheint: in der Tabelle wurde gestellt:  $a' = 0,08 h'$ , ein den tatsächlichen Verhältnissen ziemlich naheliegender Wert!

25. Berechnet man nun in einem beliebigen Querschnitt  $b h'$  die Spannungen bei einem Moment  $M$  und für verschiedene Werte  $\mu$  und  $\rho$ , so lassen sich bei feststehendem  $\mu$  die Spannungen  $\sigma_e', \sigma_b'$  (bei  $\rho > 0$ ) in  $\frac{0}{100}$  der Spannungen  $\sigma_e, \sigma_b$  berechnen!

26. Wählt man also  $\mu$  und  $\rho$  als Koordinaten irgendeines Systems, so gehört jeder Punkt desselben einer gewissen  $\frac{0}{100}$ -Kurve für  $\sigma_e$  oder  $\sigma_b$ , so daß dann einfach wird:

$$\sigma_e' = \frac{0}{100} \sigma_e$$

$$\sigma_b' = \frac{0}{100} \sigma_b$$

27. Die Division der Gl. (16) durch Gl. (10) ergibt:

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{f_c}{b h'} = \mu$$

Aus den  $\alpha$ - bzw.  $\beta$ -Kurven ergeben sich also unmittelbar die  $\mu$ -Linien!

Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, wurden diese  $\mu$ -Linien aus ihrer Lage im oberen Teil der Tabelle weggenommen und parallel nach unten um das Maß  $m$  (schwarzer Strich rechts der  $\alpha$ - $\beta$ -Tabelle) verschoben. Daraus ergeben sich die rechtssteigenden  $\mu$ -Linien in Tabelle unten! Dieses Maß  $m$  trage man sich am besten auf einer Kante des Rechenschiebers auf! Hat man nun die  $\alpha$ - $\beta$ -Werte des Querschnittes bestimmt oder gewählt, so genügt es mit Hilfe des Rechenschiebers vom Punkt  $\alpha/\beta$  um  $m$  nach unten zu gehen. Der untere Punkt des Maßes  $m$  liegt dann auf der betreffenden  $\mu$ -Linie, deren Richtung sich durch Interpolieren aus der nächstliegenden ergibt. So wird Punkt A

27'.  $\alpha = 35/\beta = 0,292$   
nach unten verschoben Punkt A', der auf der  $\mu$ -Linie 8,32 (in  $\frac{0}{100}$ ) liegt. Es ist also (falls gebraucht):

$$\mu = 0,00832.$$

28. Links und rechts der  $\mu$ -Linie 10 sind nun noch  $\rho$ -Werte angegeben ( $\rho = 0,2, 0,4, 0,6, \dots, 2,0$ ).

Verbindet man die  $\rho$ -Werte links der  $\mu$ -Linie 10 mit dem Pol O (für  $\rho = 0,54$  gestrichelt) und die  $\rho$ -Werte rechts davon mit Pol O' (untere rechte Tabellenecke), so bilden diese Strahlen die  $\rho$ -Linien! Bei der praktischen Benutzung erzeugt man die  $\rho$ -Linien durch Anlegen des Rechenschiebers durch  $\rho$  und den zugehörigen Pol O bzw. O'. Pol O ist maßgebend von  $\mu = 5$  bis 10, Pol O' von 10 bis 18<sup>4)</sup>

Die Wahl dieser beiden Pole ergab sich aus dem Wunsch, jede  $\mu$ -Linie mit allen Werten  $\rho$  von 0 bis 2,0 schneiden zu können.

29. Nach Nr. 26 wurden nun diese  $\mu$ -Linien und  $\rho$ -Strahlen als Koordinaten aufgefaßt und die  $\frac{0}{100}$ -Kurven

für  $\sigma_b$  durch Interpolieren eingetragen. Der durch die Interpolation bedingte Fehler ist immer  $< 1 \frac{0}{100}$ , also in praktischer Hinsicht ganz unbedeutend!

30. Ist also z. B. in Nr. 27' noch  $f_c = 0,54 f_c$  vorhanden, so ergibt der Schnitt der  $\mu$ -Linie 8,32 mit dem (durch O und  $\rho = 0,54$  gelegten) Rechenschieber den Punkt A'' (zwischen den Kurven 80 bis 85). Hat man den Rechenschieber als  $\rho$ -Strahl angelegt, so zieht man sich in Gedanken die  $\mu$ -Linie durch A' und erhält A''. Der praktische Arbeitsgang wäre folgender:

1. Herunterloten von A nach A' mit dem Schieber. Festhalten von A' mit der Bleistiftspitze.

2. Anlegen des Schiebers als  $\rho$ -Strahl. Aus A' dann A'' und Ablesen der  $\frac{0}{100}$ . Bei anderen Problemen ist der Mechanismus entsprechend umkehrbar!

Also ist der Reduktionsprozent für  $\sigma_b$ :  $83,3 \frac{0}{100}$ , also  $\sigma_b'$  (bei  $\rho = 0,54$ ) =  $\sigma_b$  (bei  $\rho = 0$ )  $\cdot 83,3 \frac{0}{100}$ .

31. Links der Tabelle stehen die Reduktionsprozent für  $\sigma_e$ , wobei  $\rho$  in der Wagrechten und  $\mu$  in der Lotrechten zu entnehmen sind (Punkt A''):

$$\sigma_e' = \sigma_e \cdot 98 \frac{0}{100}$$

den  $\mu$ -Wert ergibt Punkt A' wie bei Nr. 27'.

Wie man sieht, vermindert auch eine sehr starke Druckarmierung ( $f_c' = 2 f_c$ )  $\sigma_e$  höchstens auf  $93-91 \frac{0}{100}$ , während dadurch  $\sigma_b$  bis auf  $45-50 \frac{0}{100}$  reduziert wird.

32. Hat man nun die wahren Spannungen  $\sigma_e', \sigma_b'$  ermittelt, so erlaubt wie bei Nr. 18, 21 der Punkt  $\sigma_e'/\sigma_b'$  die Bestimmung von  $x$  und  $\lambda$ .

33. Die Beispiele werden auf die aus den Kurven zu ziehenden Schlüsse aufmerksam machen. Zusammengefaßt lauten die zur Anwendung wichtigen Sätze:

### Zusammenfassung:

34. Bei  $f_c' = 0$ : Von den 4 Größen  $\alpha, \beta, \sigma_e, \sigma_b$  sind 2 gegeben, gewählt oder berechnet (Formeln 2, 3); der Schnitt der entsprechenden Kurven gibt die 2 anderen Kurven und Größen. Mit diesen Größen wende man dann die Hauptformeln an!

Durch Anlegen des Rechenschiebers an den Schnittpunkt (A) liest man oben bzw. unten links ab:  $\rho$  und  $\lambda$ ! (Formeln 6, 7.)

35. Bei  $f_c' > 0$  berechne man den Querschnitt zuerst als einfach armiert: den Schnittpunkt A der gegebenen Kurven lote man nach A' (um „m“); die durch A' gehende  $\mu$ -Linie und die durch den Rechenschieber dargestellte O- $\rho$ - bzw. O'- $\rho$ -Linie liefert den Punkt A'', der für  $\sigma_b$  die Reduktionsprozent ergibt ( $\sigma_b' = \frac{0}{100} \cdot \sigma_b$ )!

Die Tabelle links davon liefert dieselben für  $\sigma_e$  ( $\sigma_e' = \frac{0}{100} \cdot \sigma_e$ ) (Punkt A'''). Punkt  $\sigma_e'/\sigma_b'$  zeigt dann wie vor  $\rho$  und  $\lambda$ ! Auch bei der Umkehrung dieser Anwendungssätze ist besonders darauf zu achten, daß für die  $\sigma_b$ - $\frac{0}{100}$  Punkt A'' maßgebend ist. Punkt A' ist nur ein Hilfspunkt, bei dem „überhaupt nichts“ abgelesen wird!

36. Beispiele:

Es sei in einem gewissen Schnitt S eines Binders  $M = 1500000 \text{ kcm}$  (15 mt) und:

<sup>4)</sup> Sehr übersichtlich wird der untere Tabellenteil, wenn man die  $\rho$ - bzw.  $\rho$ -O'-Strahlen leicht in Farbtinte auszieht.

**37.**  $h'$  = wirksame Höhe bis zum Eisen-einlagenschwerpunkt = 67,7 cm;  
 $b = 40$  (Querschnitt rechteckig);  
 $f_e = 22,5 \text{ cm}^2$ ,  $f_e = 0$ . Gesucht  $\sigma_b \cdot \sigma_e$ ??  
 Nach Formel 1 der Tabelle wird:

$$c = \sqrt{\frac{1500000}{400000}} = \sqrt{\frac{15}{4}} = \sqrt{3,75} = 1,935$$

nach Formel 2:

$$\alpha = 67,7 : 1,935 = 35$$

nach Formel 3:

$$\beta = 22,5 : (1,935 \cdot 40) = 0,292.$$

Punkt  $\alpha = 35/\beta = 0,292$  liefert unmittelbar:

$$\sigma_b = 48; \quad \sigma_e = 1125.$$

Genau berechnet wird  $\sigma_b = 48,08 \cdot \sigma_e = 1132$ . Maximalfehler 0,5%.

**38.** Bei  $h' = 67,7$ ;  $b = 40$ ; Plattenstärke = 20 (Plattenbalken)  $\cdot f_e' = 0$ ,  $f_e = 22,5$ . Gesucht  $\sigma_e$ ,  $\sigma_b$ !!

$\alpha$ ,  $\beta$  wie aus Problem Nr. 37. Durch Anlegen des Schiebers im Punkt  $\alpha\beta$  (A in der Tabelle) in Richtung  $q$  ablesen:

$$q = 0,392, \text{ also } x = 0,392 \cdot 67,7 = 26,5.$$

Die Nulllinie liegt im Steg und diese Spannungsermittlung ist also nicht genau<sup>5)</sup>.

Man kann auch einfacher ausrechnen

$$\mu = \frac{1000 \cdot 22,5}{67,7 \cdot 40} = 8,32;$$

ein beliebiger Punkt (z. B. A') der Linie  $\mu = 8,32$

<sup>5)</sup> Es muß dann die Spannungsermittlung nach einer anderen Methode geschehen. Nimmt man näherungsweise an, „der Druckmittelpunkt liege in Mitte der Plattenstärke“ (was nicht viel ungenauer ist als die übliche Vernachlässigung der Druckspannung im Steg), dann ist  $e = h' - \frac{d}{2}$  leicht auszurechnen, daraus:  $D = Z = M/e$

**38'** und  $\sigma_e = Z : f_e$ . Ferner:

**38''.**  $\sigma_b$  mittel =  $D : (b d + n f_e')$ . Betrachtet man  $\sigma_e$  und  $\sigma_{bm}$  als Randspannungen des Balkens mit der reduzierten Höhe  $h_r = h' - \frac{d}{2}$ , so liefert Punkt

$\sigma_e/\sigma_{bm}$  wiederum  $q$  und  $x_r$  (reduziert) =  $q \cdot h_r$ .

Schließlich wird dann, da

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{bm}} = \frac{x}{x_r}$$

ist:

$$\mathbf{38'''}.$$
  $\sigma_b = \sigma_{bm} \cdot \frac{x_r + d/2}{x_r}$

Dieses Verfahren ist besonders gut, wenn die Plattenstärke verhältnismäßig nicht groß ist!

In unserem Fall wäre nun z. B.:

$$e = 67,7 - 10 = 57,7$$

$D = Z = 1500000 : 57,7 = 26,000 \text{ k}$  also (Formel 38')

$$\sigma_e = 26000 : 22,5 = 1155 \text{ k/cm}^2$$

$$\sigma_{bm} = 26000 : (40 \cdot 20) = 32,5.$$

Punkt 1155/32,5 liefert  $q = 0,297$ , also

$$x_r = 0,297 \cdot 57,7 = 17,1, \text{ also (Nr. 38'')}$$

$$\sigma_b = 32,5 \cdot \frac{27,1}{17,1} = 51,5 \text{ k/cm}^2.$$

Wie man sieht, ist, trotzdem die Nulllinie bedeutend unterhalb der Platte liegt, der Unterschied mit den Werten nach Nr. 37 nicht groß. Er wird größer, wenn die Nulllinie noch weiter rückt; dafür wird Formel 38, 38', 38'' um so genauer!

nach oben übertragen (A) liegt dann auf der  $q$ -Linie 0,392, also  $x = 26,5$  wie vor!

**39.** Wie Problem 37: Der Neigungswinkel der nach rechts steigenden Momentenkurve sei

$$\alpha = 57^\circ.$$

Längen: 1 : 1 (1 m = 1 mm)

Momente: 1 : 10 (10 mt = 1 mm)

Frage: Wie groß dort

ist die Schubspannung  $\tau_0$ ?

Nach Formel 20:

$$Q = \text{tg } 57^\circ \cdot \frac{10}{1} = 1,539 \cdot 10 = 15,39 \text{ tm};$$

die Tabelle liefert  $\lambda = 0,872$ , also (Formel 7)

$$\tau_0 = \frac{15390}{0,872 \cdot 40 \cdot 67,7} = 6,53 \text{ k/cm}^2.$$

Die schrägen Schubseisen sind nach rechts hochzuziehen (s. Nr. 20').

**40.** Wie Problem 39. Maße jedoch wie Nr. 38. Stegbreite = 30 cm. Gesucht  $\tau_0$ ?

$Q = 15390$ , wie Nr. 39; hier ist dann angenähert (s. Nr. 20, 38')

$$e = h' - d/2 = 57,7.$$

$$\tau_0 = \frac{Q}{b_0 \cdot z} = \frac{15390}{30 \cdot 57,7} = 8,88 \text{ k/cm}^2.$$

**41.** Wie Nr. 37, jedoch  $f_e' = 12,15 \text{ cm}^2$ . Gesucht  $\sigma_e'$ ,  $\sigma_b$ ??

Zuerst Berechnung von  $\alpha$ ,  $\beta$  wie Nr. 37 liefert  $\sigma_b = 48$ ;  $\sigma_e = 1125$  (Punkt A). Punkt A nach A' heruntergelotet.

$$f_e' : f_e = 12,15 : 22,5 = 0,54 = q.$$

Rechenschieber durch O und  $q = 0,54$  geführt; die  $\mu$ -Linie durch A' liefert A'' (zwischen den Kurven 80–85 0/10), also

$$\sigma_b' = 48 \cdot 83,3\% = 40,0 \text{ k/cm}^2.$$

Tabelle links liefert, da  $\mu = 8,3$  und  $q = 0,54$  (Punkt A'')

$$\sigma_e = 1125 \cdot 98\% = 1104 \text{ k/cm}^2.$$

Punkt 1104/40,0 (wahre Spannungen) liefert

$$q = 0,353,$$

also, wenn erwünscht,

$$x = 0,353 \cdot 66,7 = 23,85.$$

Genau berechnet ergibt sich

$$\sigma_b = 40,1, \quad \sigma_e = 1107, \quad x = 23,85,$$

also ist der Fehler höchstens 0,3%.

**42.** Wie Nr. 41. Gesucht werde  $\tau_0$ : Die Tabelle würde bei 1104/40 liefern  $\lambda = 0,88$ . Dieser Wert ist nur dann richtig, wenn die Druckseisen in  $x/3$  von Oberkante liegen (s. Nr. 20). Tatsächlich liegen sie aber in  $0,08 h'$  (s. Nr. 24), also wird unser  $\lambda$  etwas zu klein und das berechnete  $\tau$  etwas zu groß! Praktisch handelt es sich jedoch nur um einige Prozente, so daß der Wert  $\lambda$  auch bei  $f_e' > 0$  ohne weiteres verwendet werden kann!, also wie Nr. 39.

**43.**  $b = 40$ .  $h' = 67,7$  (gewählt oder gegeben). Die Eisen seien so zu bestimmen, daß  $\sigma_b \leq 45 \text{ k/cm}^2$  werde: Es wird dieses Problem



etwas konkreter behandelt, da der Leser jetzt schon mit der Tabelle etwas vertrauter sein dürfte. Das Beispiel zeigt zugleich, wie man sehr rasch ermitteln kann, welche Eisenverteilung am wenigsten Eisen verlangt (Preisminimum):

a) bei  $f_e' = 0$ .

Formel 2:

$$\alpha = 67,7 \cdot 1,935 = 35$$

(s. Nr. 37).

Die  $\alpha = 35$ -Kurve schneidet  $\sigma_b = 45$  bei  $\beta = 0,36$  ( $\sigma_b = 45$ ,  $\sigma_e = 922$ ),  
 $f_e = 0,36 \cdot 40 \cdot 1,935$  (Formel 3)  $= 27,9 \text{ cm}^2$   
 Dazu noch  $\sim 4 \text{ cm}^2$  Montageisen oben }  $= 31,9 \text{ cm}^2$

b) mit Druckeisen und  $\sigma_e = 1200$ :

$\alpha$  wie vor, also  $\beta = 0,273$ .  $f_e = 0,273 \cdot 40 \cdot 1,035 = 21,1 \text{ cm}^2$ ; dabei wird  $\sigma_b = 49,1$ . (Ist durch Druckeisen auf  $45 \text{ k/cm}^2$  zu reduzieren, d. h. auf  $91,5\%$ ).

Punkt 1200/49,1 um  $m$  heruntergelotet, liegt auf der  $\mu$ -Linie 0,78. Verbindet man den Schnittpunkt derselben und die gewünschte  $91,5\%$ -Kurve mit O (durch die Rechenschieberkante), so liest man den Wert  $\rho$  ab:

$\rho = 0,27$ , also  $f_e' = 0,27 \cdot 21,1 = 5,7 \text{ cm}^2$ ,  
 $\sigma_e$  wird dabei (s. kleine Tabelle):

$$1200 = 99\% = 1188 \text{ k/cm}^2.$$

Erforderlich also:  $21,1 + 5,7 = 26,8 \text{ cm}^2$  (insgesamt)  
 Also ist diese Lösung billiger als a)!

c) eine dritte Möglichkeit wäre zu untersuchen, wenn  $f_e' > 0$  und  $\sigma_e = 1000$  z. B.; (zu behandeln wie b))

Die  $\eta$ - und  $\lambda$ -Werte wären wie vor zu bestimmen (mit Hilfe der wahren Spannungen  $\sigma_e/\sigma_b$ ). Problem 43 wäre nach der rechnerischen Methode sehr langwierig zu lösen, und jedenfalls nicht so übersichtlich bezüglich der zweckmäßigen Bewehrung. Die hier erzielten Werte seien in bezug auf Genauigkeit geprüft. Genau gerechnet findet man:

Fall a):  $f_e' = 0$ ,  $f_e = 27,9 \text{ cm}^2$ ;  
 $\sigma_b = 45,18$ ,  $\sigma_e = 923 \text{ k/cm}^2$ ;  
 Maximalfehler also:  $0,3\%$ .

Fall b):  $f_e' = 5,7$ ,  $f_e = 21,1$ ;  
 $\sigma_b = 44,95$ ,  $\sigma_e = 1188 \text{ k/cm}^2$ ;  
 Maximalfehler also:  $< 0,3\%$ .

44. Wie Nr. 43b, jedoch sei  $d = 20$  (Plattenbalken).

Punkt 1188/45 liefert uns

$$x = 0,362 \cdot 67,7 = 24,5 \text{ cm},$$

also sind die nach der Tabelle ermittelten Resultate in dem Fall nur Näherungswerte. Mit größerer Genauigkeit läßt sich wiederum ziehen: (Formel 38'')  
 $D = Z = \sim M : (h - d/2) = 1\,500\,000 : 57,7 = 26\,000 \text{ k}$ .  
 Also wären nötig:  $\sim f_e = 26\,000/1200 = 21,6 \text{ cm}^2$ .  
 Da wir  $45 \text{ k/cm}^2$  Druck erreichen wollen, ergibt der Punkt 1200/45:  $\eta = 0,361$ ,  $x = 0,361 \cdot 67,7 = 24,4$ ,  
 also in Formel 38'':  $x_r = 24,4 - d/2 = 14,4 \text{ cm}$ , somit müssen wir erreichen, daß nach Formel 38'':

$$44'. \sigma_{b_m} = \sigma_b \cdot \frac{x_r}{x_r + d/2} = 45 \cdot \frac{14,4}{24,4} = 26,6 \text{ k/cm}^2$$

werde (Formel 38' umgekehrt).

Nach Formel 38'' wird: ( $\sim$ )

$$44''. f_e' = \frac{D - b d \sigma_{b_m}}{n \sigma_{b_m}} = \frac{26\,000 - 40 \cdot 20 \cdot 26,6}{15 \cdot 26,6} = \frac{4750}{15 \cdot 26,6} = 11,9 \text{ cm}^2.$$

Diese Näherungsberechnung liefert immer etwas zu große Werte für  $f_e'$  und  $f_e$  und ist somit sicher. So ergibt hier die genaue Berechnung anstatt  $\sigma_e = 1200$ ,  $\sigma_b = 45$ , die Werte  $\sigma_e = 1160$ ,  $\sigma_b = 42$ . Namentlich  $\sigma_b$  wird in Tatsache bedeutend kleiner, da die Druckeisen nicht in  $d/2$ , sondern höher liegen.

45. Gegeben  $b = 40$ . Gesucht  $h' \cdot f_e$ , so daß  $\sigma_b = 48$   $\sigma_e = 1125$  werde,

wie Nr. 37:  $c = 1,935$ .

Punkt 1125/48 liefert  $\alpha = 85$ .  $\beta = 0,292$ .

Nach Formel 4:  $f_e = 0,292 \cdot 40 \cdot 1,935 = 22,5$ ,

$$h' = 35 \cdot 1,935 = 66,7.$$

Genauigkeit wie Nr. 37!

46. Vorige Beispiele dürften die Umkehrbarkeit der Berechnungsmethode veranschaulicht haben. Andere hier nicht behandelte Einzelfälle lassen sich ebenso leicht lösen. Der Mechanismus der Tabelle bleibt dabei immer derselbe. Bezüglich der Genauigkeit der erzielten Resultate ist zu bemerken, daß selbst ein Fehler von 2–3% gegenüber den rechnerisch ermittelten Spannungen „praktisch“ unbedeutend ist. Die Beispiele ergeben aber einen Fehler, der kleiner als 1% ist, wodurch die Brauchbarkeit der Tabelle bewiesen sein dürfte!

47. Der Vollständigkeit wegen sei noch folgendes Beispiel erwähnt, das allerdings selten vorkommt, jedoch rechnerisch sehr langwierig zu behandeln wäre! Die Tabelle erlaubt es durch Schätzung bedeutend rascher zu lösen:

47'. Gegeben  $M = 3\,000\,000 \text{ kcm}$ .  $b = 20 \text{ cm}$ . Zur Verfügung stehen  $29,4 \text{ cm}^2$  Eisen „oben“ ( $f_e' = 29,5$ ). Gesucht  $f_e$  und  $h'$ , so daß  $\sigma_b = 39$  und  $\sigma_e = 1050$  werde?

Es wird (Formel 1 der Tabelle)

$$c = \sqrt{\frac{300\,000}{20\,000}} = \sqrt{\frac{30}{2}} = 3,87.$$

Wir erhalten (da  $\alpha$  zwischen 36 und 28 liegen muß), indem wir  $\alpha = 32$  als richtig schätzen:  $h' = 32 \cdot 3,87 = 123,8$ . Bei  $\sigma_e = 1050$  ergibt sich  $\beta = \sim 0,35$ , also  $f_e = \sim 0,35 \cdot 20 \cdot 3,87 = \sim 27$ , d. h. es ist  $\sim \rho = 1,0$  (da  $f_e$  und  $f_e' \sim$  gleich sind) dabei wird  $\sigma_b = 53$ , d. h. die  $\%$  werden  $= \sim 75\%$ . Die  $\rho = 1$ -Linie schneidet die  $75\%$ -Kurve nicht, also müssen die  $\%$  verkleinert werden. Nach einigem Suchen findet man zum Schluß:  
 $\alpha = 29,55$ , also  $h' = 3,87 \cdot 29,55 = 114,2$ ;  $\beta = 0,365$   
 $f_e = 0,365 \cdot 20 \cdot 3,87 = 28,2$ , also

$$\rho = 29,4/28,2 = 1,042.$$

Punkt  $\alpha = 29,55/\beta = 0,365$  (in der Tabelle B) liefert uns

$$\sigma_e = 1100 \quad \sigma_b = 60.$$

Wir müssen  $\sigma_b = 39$  erreichen, also sind die Reduktionsprozente = 65%. Punkt B und B' heruntergelotet und von B' nach B'' geführt, liegt tatsächlich auf der Linie  $\rho = 1,042$  und  $\rho_0 = 65$ .

Da  $\mu = 12,7$  und  $\rho = 1,042$ , liefert die Tabelle links unten:  $\rho_0 = 95,6$ , also

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= 60 \cdot 65\% = 39 \\ \sigma_c &= 1100 \cdot 95,6\% = 1050 \end{aligned} \right\} \text{wie erwünscht!!}$$

Letzteres Beispiel ist praktisch unbedeutend, zeigt aber die Anwendung der Tabelle beim

„Schätzen“ durch Benutzung der graphisch dargestellten Beziehungen zwischen den einzelnen Querschnittsgrößen! Nach einiger Benutzung der Tabelle prägen sich diese Beziehungen so ins Gedächtnis, daß sie, selbst ohne zahlenmäßige Ausrechnung, namentlich beim Entwerfen von großem Nutzen sein können!

Die rechnerische Prüfung der Spannungen ergab:

$$\sigma_b = 38,75, \sigma_c = 1040; \\ \text{Maximalfehler} \leq 1,0\%$$

## NEUES VERFAHREN ZUR VEREINFACHTEN UND SCHARFEN BERECHNUNG EINGESPANNTER GEWÖLBE UND BALKEN.

Von Dr.-Ing. Heinrich Neumann.

### A. Einleitung.

Das Problem, ein eingespanntes Gewölbe nach der Elastizitätstheorie als dreifach statisch unbestimmtes System zu berechnen, ist vollständig gelöst. Unter Vernachlässigung der durch die reinen Druckkräfte hervorgerufenen elastischen Formänderungen werden die drei überzähligen Größen nach den bekannten Mohrschen Gleichungen berechnet. Es ist das Einspannungsmoment

$$Z = \frac{\int \frac{M_0 ds}{EJ}}{\int \frac{ds}{EJ}} \dots \dots \dots (1)$$

die vertikale Überzählige

$$Y = \frac{\int \frac{M_0 x ds}{EJ}}{\int \frac{x^2 ds}{EJ}} \dots \dots \dots (2)$$

und die horizontale Überzählige

$$X = \frac{\int \frac{M_0 y ds}{EJ}}{\int \frac{y^2 ds}{EJ}} \dots \dots \dots (3)$$

Die bisher bekannten Auswertungen dieser drei Gleichungen sind jedoch ungenau oder unständig. Ungenau sind sie bei den integrierenden Methoden, die, um überhaupt integrieren zu können, Annahmen machen, die nicht zutreffen. Die Annahmen beziehen sich einerseits auf die Form der Gewölbeachse: Es wird, um integrieren zu können, als Gewölbeachse eine mathematisch beherrschbare Kurve gewählt (im allgemeinen eine quadratische Parabel, wie z. B. bei dem bekannten Verfahren von Max Ritter), da die Stützlinie des Gewölbes, die praktischerweise die Achse bilden sollte, mathematisch nicht beherrschbar ist. Macht das bei unbedeutenden Spannweiten und flachen Bögen auch nicht viel aus, so ruft diese unrichtige Annahme bei mittleren

Spannweiten und nicht ganz flachen Bögen doch schon unzulässige Abweichungen von den genauen Werten der Überzähligen hervor.

Andererseits beziehen sich die Annahmen auf das Trägheitsmoment. Man erkennt sehr bald, daß die Integrierung der obigen Gleichungen zu so umständlichen Ausdrücken führt, daß deren praktische Verwendbarkeit überhaupt in Frage gestellt ist. Zur Vereinfachung sind daher verschiedene Annahmen über das Zunehmen der Trägheitsmomente vom Scheitel nach dem Kämpfer hin getroffen worden, die mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmen, und von denen zwei besonders erwähnt seien:

1.  $J_d \cos \varphi = J_0$ , wobei  $J_0$  das Trägheitsmoment im Scheitel,  $J_d$  das Trägheitsmoment irgend eines Schnittes und  $\varphi$  den Neigungswinkel des Krümmungsradius in diesem Schnitt gegen die Vertikale bedeutet;

2.  $d \cos \varphi = d_0$  1), wobei  $d_0$  die Gewölbestärke im Scheitel und  $d$  die Gewölbestärke in irgend einem Schnitt bezeichnet. Diese Annahmen führen jedoch zu unzulässigen Abweichungen von den genauen Werten der überzähligen Größen.

So bequem daher die Verwendung der auf das Integrieren der Überzähligen aufgebauten Berechnungsverfahren auch ist, zumal da sich leicht Tabellen hierbei aufstellen lassen, so verwendet man sie bei einigermaßen bedeutenden Brücken doch nicht, weil sie zu ungenau sind. Man zieht es vielmehr vor, durch Summieren die überzähligen Größen auszuwerten, wobei die Stützlinie die Bogenachse bildet und der Größe der wirklich vorhandenen Trägheitsmomente Rechnung getragen wird. Hierbei erhält man zwar genaue Werte, das Verfahren ist aber trotz

1) Dr.-Ing. Kögler, Vereinfachte Berechnung eingespannter Gewölbe. Verlag von Julius Springer, Berlin 1913.

der Schönhöferschen Vereinfachungen noch immer sehr unständig und zeitraubend.

In den folgenden Zeilen soll ein neues Verfahren entwickelt werden, das, ohne einschränkende Annahmen zu machen, durch Einführung einer zweckmäßigen Gleichung für die Gewölbeachse und eines geeigneten Ausdrucks für das Trägheitsmoment die Integration der Mohrschen Gleichungen ermöglicht. Im Anschluß daran sind Tabellen aufgestellt und hier beigegeben worden, die unmittelbar angeben

1. die Ordinaten der Bogenachse an zehn Stellen der Gewölbehälfte;
2. den Abstand  $c$  der Abszissenachse vom Scheitel des Bogens;
3. die Ordinaten der Einflußflächen der drei Überzähligen an zehn Stellen der Gewölbehälfte;
4. die durch eine Temperaturänderung hervorgerufene Bogenkraft.

Zahlreiche Vergleiche haben gezeigt, daß die aus den Tabellen unmittelbar sich ergebenden Werte fast völlig mit den nach der summierenden Methode genau aber mühsam errechneten übereinstimmen. Die Tabellen gelten für eingespannte Bögen ebenso wie für eingespannte Balken, nur daß bei letzteren keine Bogenkraft auftritt.

### B. Die Wahl der Gewölbeachse.

Als Gewölbeachse wird eine Parabel höherer Ordnung gewählt, die von der Stützlinie verschwindend wenig abweicht. Ihre Entstehung ist die folgende: Man denke sich das Gewölbe be-

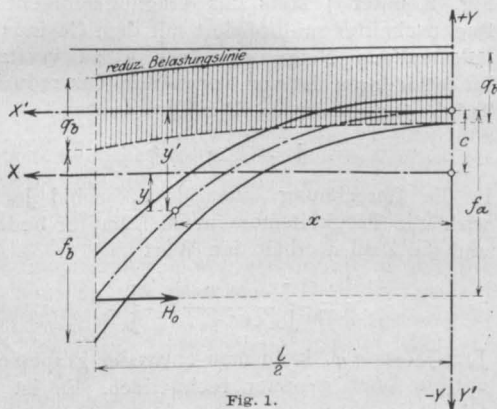


Fig. 1.

lastet von einer gleichmäßig verteilten Last  $q_b$  (nämlich der Belastungshöhe im Scheitel, die je nach den Annahmen durch Eigengewicht allein oder durch das Eigengewicht mit halber oder ganzer Verkehrslast gebildet werden kann) und von einer Belastung, die im Scheitel gleich Null ist und bis zum Kämpfer nach einer gewissen Kurve bis zum Werte  $f_b$  anwächst. Diese Kurve soll im folgenden stets „Kurve der wachsenden

Lasten“ genannt und mit ziemlicher Annäherung an die Wirklichkeit als quadratische Parabel angesehen werden, deren Parameter  $p_b$  und deren Pfeil  $f_b$  (im folgenden: „Belastungspfeil“, vergl. Fig. 1) ist. Die gesamte Belastung in irgend einem Vertikalschnitte ist dann

$$q = q_b + \frac{x^2}{2 p_b} \dots \dots \dots (4)$$

Die Gleichung der Seillinie lautet dann bekanntlich, auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem  $(x | y')$  bezogen:

$$H_0 \frac{d^2 y'}{d x^2} = q = q_b + \frac{x^2}{2 p_b}$$

$$\frac{d^2 y'}{d x^2} = \frac{q_b}{H_0} + \frac{x^2}{2 p_b H_0}$$

Integriert man, so ist

$$\frac{d y'}{d x} = \frac{q_b}{H_0} x + \frac{1}{2 p_b H_0} \cdot \frac{x^3}{3} + C_1$$

Für  $x_0 = 0$  ist  $\frac{d y'}{d x} = 0$ , folglich  $C_1 = 0$ . Die zweite Integration ergibt:

$$y' = \frac{q_b}{2 H_0} x^2 + \frac{1}{6 p_b H_0} \cdot \frac{x^4}{4} + C_2$$

Für  $x_0 = 0$  ist  $y'_0 = C_2$ . Man kann  $y'_0 = C_2 = 0$  wählen.

$p_b$  ergibt sich aus Gl. (4) für  $x = \frac{l}{2}$  (vergl. Fig. 1):

$$p_b = \frac{l^2}{8 f_b},$$

wobei  $l$  die Stützweite des Gewölbes bedeutet.

$H_0$  erhält man aus der Gleichung  $H_0 = \frac{M}{f_a}$ , wenn  $f_a$  der Pfeil des Gewölbes ist und  $M$  das Moment im Kämpferschnitte, hervorgerufen durch das Gewicht der Gewölbehälfte, in deren jedem

Schnitte  $q = q_b + \frac{x^2}{2 p_b}$  wirkt:

$$M = \int_0^{+l/2} q \, d x \left( \frac{1}{2} - x \right) = \int_0^{+l/2} \left( q_b + \frac{x^2}{2 p_b} \right) \left( \frac{1}{2} - x \right) d x.$$

Berechnet man dieses Integral, setzt  $p_b = \frac{l^2}{8 f_b}$  in den Ausdruck ein, dann erhält man:

$$H_0 = \frac{l^2}{48} \cdot \frac{6 q_b + f_b}{f_a} \dots \dots \dots (5)$$

Und daraus ergibt sich die Gleichung der Gewölbeachse:

$$y' = \frac{f_a}{1 + \frac{f_b}{6 q_b}} \left( \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \frac{f_b}{6 q_b} \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^4 \right) \dots \dots (6)$$

Die Ordinaten des Bogens hängen zwar von  $f_a$  ab, jedoch nur insofern, als sie  $f_a$  proportional sind. Die Abweichungen der Bogenform in sich hingegen, die Möglichkeit, ob er sich je nach der Belastung mehr der Kreisform oder der quadratischen Parabel nähert, hängt einzig und allein von

dem Verhältnis  $\frac{f_b}{6 q_b}$  ab. Dieses Verhältnis  $\frac{f_b}{6 q_b}$  soll im folgenden „Formbestimmungswert“ genannt und mit  $\beta$  bezeichnet werden. Durch Variation von  $\beta$  kann man sämtliche Bogenformen berücksichtigen. Wird  $f_b=0$ , also auch  $\beta=0$ , so erhält man die quadratische Parabel. Die Werte  $\beta$  sind, an ausgeführten Gewölben ermittelt, für Brücken mit Übermauerung und Überschüttung im allgemeinen  $1 > \beta > 1/3$ ; ist die Fahrbahn mittels Säulen oder Gewölben gegen den tragenden Bogen abgestützt, so ist im allgemeinen  $\beta$  kleiner als  $1/3$ . Am kleinsten wird  $\beta$  für Bogenbrücken mit angehängter Fahrbahn.

**C. Das Trägheitsmoment.**

Um das Trägheitsmoment in die Mohrschen Gleichungen einzuführen, wird die folgende bekannte Beziehung aufgestellt. Ist  $J_0$  das Trägheitsmoment des Bogens im Scheitel,  $J_a$  das Trägheitsmoment im Kämpfer,  $J$  das Trägheitsmoment in irgendeinem Schnitt in der Entfernung  $r$  vom Scheitel, so soll die Beziehung gelten

$$\frac{J - J_0}{J_a - J_0} = \frac{x^r}{\left(\frac{1}{2}\right)^r} = \frac{1 - J_0}{1 - J_a}$$

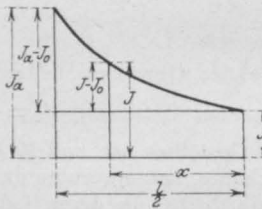


Fig. 2.

Bezeichnet man  $\frac{J_0}{J_a}$  mit  $n$ , so ist demnach

$$J = J_0 - (1-n) \left(\frac{x}{1/2}\right)^r \quad (7)$$

Hierbei hat man es in der Hand, durch Variierung von  $n$  das Trägheitsmoment des Bogens im Scheitel  $J_0$  auf jeden gewollten Wert  $J_a$  im Kämpfer anwachsen zu lassen, während man durch Variierung von  $r$  in stande ist, die Intensität des Anwachsens von  $J_0$  auf  $J_a$  zu verändern. Da hier unmittelbar das Trägheitsmoment und nicht die Gewölbstärke eingeführt ist, so ist das vorgeschlagene Verfahren auf sämtliche vollwandige Gewölbekonstruktionen anwendbar, einerlei, ob sie in Stein oder in Eisenbeton oder in Eisen ausgeführt sind, und ob der Querschnitt rechteckig oder in Rippen aufgelöst ist. Auch für die Berechnung von Fachwerkkonstruktionen ist das Verfahren zu benutzen, falls das Anwachsen der Trägheitsmomente vom Scheitel zum Kämpfer eine gewisse Stetigkeit aufweist.

Eine Schwierigkeit ist noch zu beseitigen, die sich der Auswertung der Mohrschen Integrale entgegenstellt. Um ein Integral herauszugreifen: Es ist in Gl. (1)

$$\int \frac{ds}{EJ} = \frac{1}{E} \int \frac{dx}{J \cos \varphi}$$

Hierbei ist

$$\cos \varphi = \frac{dx}{ds} = \frac{dx}{\sqrt{dx^2 + dy^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}$$

oder

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{q_b}{H_0}x + \frac{x^3}{6 p_b H_0}\right)^2}}$$

Der Wert für  $\cos \varphi$ , in das Integral eingesetzt, würde nach der Integrierung so schwülstige Werte hervorrufen, daß der praktische Wert dieser Ableitung fraglich wäre. Um daher  $\cos \varphi$  aus dem Integral zu entfernen, sollen unter  $J$  nicht die Trägheitsmomente selbst des Bogens verstanden werden, sondern, wenn  $J_a$  das Trägheitsmoment in irgendeinem Schnitte bedeutet, so soll unter  $J$  von vornherein  $J = J_a \cdot \cos \varphi$  in die Berechnung eingeführt werden, wobei  $\varphi$  den Neigungswinkel des jeweiligen Bogenelementes gegen die Abszissenachse bedeutet.

Durch diesen Kunstgriff ist die einfache Integrierung der Mohrschen Gleichungen ermöglicht. Zugleich ist aber zu bemerken, daß dieser Kunstgriff keinen Annäherungswert der Trägheitsmomente in die Rechnung einführt, sondern die scharfen Werte berücksichtigt. Es ist also auch von vornherein in Fig. 2 unter  $J$  stets das Trägheitsmoment des Bogenschnittes multipliziert mit dem Cosinus des jedesmaligen Neigungswinkels  $\varphi$  zu verstehen. Im besonderen ist von vornherein das reduzierte Trägheitsmoment des Kämpferschnittes

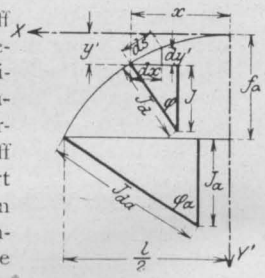


Fig. 3.

$$J_a = J_{da} \cdot \cos \varphi_a$$

in die Berechnung einzuführen, wobei  $J_{da}$  das wirkliche Trägheitsmoment im Kämpfer bedeutet und die Zahl  $n$  erhält den Wert

$$n = \frac{J_0 \cdot \cos 0}{J_{da} \cos \varphi_a} = \frac{J_0}{J_a}$$

$J_a = J_{da} \cdot \cos \varphi_a$  kann man entweder graphisch ermitteln oder genauer rechnerisch. Es ist nach Gl. (6)

$$y' = \frac{f_a}{1 + \beta} \left( \frac{x^2}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} + \beta \frac{x^4}{\left(\frac{1}{2}\right)^4} \right)$$

und

$$\tan \varphi = \frac{dy'}{dx} = \frac{f_a}{1 + \beta} \left( 2 \frac{x}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} + 4 \beta \frac{x^3}{\left(\frac{1}{2}\right)^4} \right)$$

und für  $x = \frac{1}{2}$ :

$$\text{tang } \varphi_a = 4 \frac{f_a}{1} \frac{1 + 2\beta}{1 + \beta}$$

Es ist ferner

$$\cos^2 \varphi_a = \frac{1}{1 + \text{tang}^2 \varphi_a} = \frac{1}{1 + \left(4 \frac{f_a}{1} \frac{1 + 2\beta}{1 + \beta}\right)^2}$$

Daraus ergibt sich  $\cos \varphi_a$  und folglich  $J_a$ .

Die Verhältniszahl  $n$  in Gl. (7) schwankt bei denjenigen Brücken, bei welchen der Bogen allein als tragende Konstruktion gedacht ist, zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{6}$ , während bei Brücken vom System Wünsch oder Hennebique, bei denen Bogen und Fahrbahn gemeinschaftlich als tragende Konstruktion ausgebildet sind, im allgemeinen

$$\frac{1}{109} > n > \frac{1}{300}$$

ist. In den hinten angefügten Tabellen ist eine Variationsmöglichkeit  $1 \geq n \geq \frac{1}{6}$  berücksichtigt. Der Fall  $n = 1$  bedeutet

$$\frac{J_0}{J_a} = \frac{J_0}{J_{da} \cdot \cos \varphi_a} = 1$$

und mithin  $J_0 = J \cos \varphi$ . Das heißt: mit  $n = 1$  haben wir die auf S. 226 erwähnte Annahme, und man kann aus den Tabellen unmittelbar entnehmen, welche Abweichung vom genauen Werte man hierbei erhalten würde. Will man hingegen die Werte haben, die sich bei der Annahme  $d_0^* = d \cos \varphi$  ergeben, so braucht man nur  $n = \cos^2 \varphi_a$  zu setzen; denn einerseits ist dann

$$d_0^3 = d_a^3 \cos^3 \varphi_a$$

und folglich auch

$$J_0 = J_{da} \cos^3 \varphi_a$$

und andererseits auch

$$\frac{J_0}{J_a} = \frac{J_0}{J_{da} \cos \varphi_a} = \cos^2 \varphi_a$$

und

$$J_0 = J_{da} \cos^3 \varphi_a$$

Die Zahl  $r$  in Gl. (7) gibt an, wie das Trägheitsmoment in jedem Schnitte des Bogens vom Scheitel zum Kämpfer fortschreitend sich ändert, um von  $J_0$  auf  $J_a$  zu kommen.  $r$  ruft, sobald man sich auf eine bestimmte Größe von  $r$  festgelegt hat, Trägheitsmomente  $J$  hervor, die im allgemeinen mit den dimensionierten Trägheitsmomenten nicht völlig übereinstimmen werden. Jedoch hat eine eingehende Untersuchung gezeigt, daß eine Änderung der Zahl  $r$  überhaupt nur eine außerordentlich geringe Änderung der überzähligen Größen erzeugt, die ohne weiteres vernachlässigt werden kann. Der Wert  $r$  schwankt, an ausgeführten Beispielen ermittelt, zwischen 0 und 2, er ist im allgemeinen jedoch etwas kleiner als 1. Da  $r$  von nur sehr geringem Einfluß auf die Rechnungsergebnisse ist, so ist der Einfachheit halber in den hier beigegebenen Tabellen  $r$  auf 1 festgelegt worden (bei Max Ritter ist  $r = 2$ ).

### D. Berechnung der überzähligen Größen.

Das Moment  $M$  in irgendeinem Punkte ( $x$ )<sub>1</sub> des eingespannten Bogens ist

$$M = M_0 - Z - Yx - Xy \dots \dots (8)$$

wobei  $M_0$  das Moment des statisch bestimmten Hauptsystems, des Balkens auf zwei Stützen, bedeutet. Die überzähligen Größen sollen nunmehr unter Zuhilfenahme der oben entwickelten Gl. (6) und (7) aus den Mohrschen Fundamentalgleichungen berechnet werden, und zwar unter dem Einfluß einer wandernden Einzellast, so daß man Einflußlinien erhält, deren Ordinaten für zehn Stellen der Gewölbehälfte aus den beigegebenen Tabellen zu entnehmen sind.

a) Das Einspannungsmoment  $Z$ .

Es ist nach Gl. (1)

$$Z = \frac{\int_{-1/2}^{+1/2} \frac{M_0 ds}{E J}}{\int_{-1/2}^{+1/2} \frac{ds}{E J}} = \frac{1}{E J_0} \frac{\int_{-1/2}^{+1/2} M_0 \left\{ 1 - (1-n) \left( \frac{xr}{2} \right)^r \right\} dx}{\int_{-1/2}^{+1/2} \left\{ 1 - (1-n) \left( \frac{xr}{2} \right)^r \right\} dx}$$

Ist  $e$  die Abszisse des Schnittes, in dem die Last  $I$  angreift und für den  $Z$  ermittelt werden soll, so ist das Moment  $M_0$  an irgendeiner Stelle ( $x$ )<sub>1</sub> des Bogens

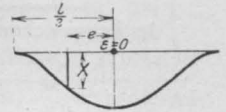


Fig. 4

$$\left. \begin{aligned} M_0 &= I \frac{1}{2} \frac{1+e}{1} \left( \frac{1}{2} - x \right), \text{ wenn } +\frac{1}{2} > x > e \text{ ist} \\ M_0 &= I \frac{1}{2} \frac{1-e}{1} \left( \frac{1}{2} + x \right), \text{ wenn } e > x > -\frac{1}{2} \text{ ist} \end{aligned} \right\} (9)$$

Setzt man diesen Ausdruck in die Gleichung für  $Z$  ein und integriert, so erhält man bei der Abszisse  $e$  das Einspannungsmoment  $Z_1$  für die wandernde Einzellast  $I$ :

$$Z_1 = I \frac{\frac{1}{2} \left( \frac{1^2}{4} - e^2 \right) - \frac{1-n}{(r+1)(r+2)} \left( \frac{1^2}{4} - \frac{e^{r+2}}{\left( \frac{1}{2} \right)^r} \right)}{1 \frac{r+n}{r+1}} \quad (10a)$$

Führt man die Bezeichnung  $\varepsilon = \frac{e}{\frac{1}{2}}$  ein, wobei

demnach  $+1 > \varepsilon > -1$  ist, so schreibt sich

$$Z_1 = I \frac{1}{4} \frac{(1-\varepsilon^2) - \frac{1-n}{(r+1)(r+2)} (1-\varepsilon^{r+2})}{\frac{r+n}{r+1}} \quad (10b)$$

und legt man fest  $r = 1$ , so erhält man

$$Z_1 = I \frac{1}{4} \frac{(1 - \epsilon^2) - \frac{1-n}{3} (1 - \epsilon^3)}{1+n} \dots (10c)$$

Das ist ein sehr einfacher Ausdruck, der durch Variierung von  $\epsilon$  und  $n$  zu einer Tabelle entwickelt wurde.

Da es beim eingespannten Balken von Interesse ist, das Einspannungsmoment  $Z_{q_0}$  für eine gleichmäßig verteilte Last  $q_0$  zu kennen, so sind die Werte für  $Z_{q_0}$  der Tabelle beigefügt. Bei einer gleichmäßig verteilten Belastung  $q_0$  wird in einem Schnitte in der Entfernung  $x$  vom Scheitel das Moment

$$M_0 = \gamma \frac{q_0}{2} \left( \frac{l^2}{2} - x^2 \right) \dots (11)$$

wobei  $\gamma$  das spezifische Gewicht des Mauerwerks bedeutet. Setzt man dieses  $M_0$  in die Gl. (1) ein und integriert, so erhält man

$$Z_{q_0} = \gamma \frac{q_0 l^2}{8} \frac{r+n}{r+1} - \frac{r+3n}{3(r+3)} \frac{r+n}{r+1} \dots (12a)$$

Setzt man hier wieder  $r = 1$ , so ist

$$Z_{q_0} = \gamma \frac{q_0 l^2}{8} \left( 1 - \frac{1+3n}{6(1+n)} \right) \dots (12b)$$

In entsprechender Weise erhält man bei einer Belastung gemäß der Kurve der wachsenden Lasten  $q = \frac{x^2}{2\rho b}$  (siehe Gl. (4)) das Moment

$$M_0 = \gamma \frac{f_b l^2}{48} \left( 1 - \left( \frac{1}{2} \right)^4 \right) \dots (13)$$

und dieses  $M_0$  in Gl. (1) eingesetzt, ergibt das Einspannungsmoment  $Z_{f_b}$ :

$$Z_{f_b} = \gamma \frac{f_b l^2}{48} \left( 1 - \frac{1+5n}{15(1+n)} \right) \dots (14)$$

b) Die vertikale Überzählige Y.

Die vertikale Überzählige erhält man aus Gl. (2). Es ist

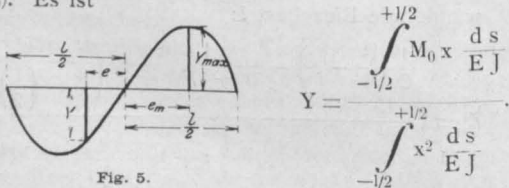


Fig. 5.

Das Moment  $M_0$  für eine wandernde Einzelast I erhält man wiederum aus den Gl. (9). Setzt man diese in obige Gleichung ein, so erhält man Man erhält

$$c = \frac{\int_{-l/2}^{+l/2} y' \frac{ds}{EJ}}{\int_{-l/2}^{+l/2} \frac{ds}{EJ}} = \frac{f_a}{1+\beta} \frac{\int_{-l/2}^{+l/2} \left( \frac{x^3}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} + \beta \frac{x^4}{\left(\frac{1}{2}\right)^4} \right) \left\{ 1 - (1-n) \frac{x^r}{\left(\frac{1}{2}\right)^r} \right\} dx}{\int_{-l/2}^{+l/2} \left\{ 1 - (1-n) \frac{x^r}{\left(\frac{1}{2}\right)^r} \right\} dx}$$

in entsprechender Weise wie beim Einspannungsmoment die Auflösung des obigen Integrals:

$$Y_1 = I \frac{\epsilon}{2} \frac{1}{6} \frac{(1 - \epsilon^2) - \frac{1-n}{(r+2)(r+3)} (1 - \epsilon^{r+2})}{\frac{r+3n}{3(r+3)}} \dots (15a)$$

und für  $r = 1$

$$Y_1 = I \cdot \epsilon \frac{(1 - \epsilon^2) - \frac{1-n}{2} (1 - \epsilon^3)}{1+3n} \dots (15b)$$

Diese Gleichung gibt durch Variierung von  $\epsilon$  und  $n$  die Tabelle für die Ordinaten der Einflußfläche der Überzähligen Y. Jede Gewölbhälfte besitzt eine Einflußfläche für Y derselben Form und desselben Inhalts, die sich nur durch das Vorzeichen unterscheiden. Der Größtwert von  $Y_1$  liegt an einer Stelle in der Entfernung  $e_m$  vom Koordinatenanfang, die man erhält, wenn man den ersten Differentialquotienten von  $Y_1$  (Gl. (15b)) nach  $\epsilon$  gleich null setzt:

$$\frac{dY_1}{d\epsilon} = 0.$$

Daraus erhält man mit  $\epsilon_m = \frac{e_m}{l}$ :

$$(1-n)\epsilon_m^3 - \frac{3}{2}\epsilon_m^2 + \frac{1+n}{4} = 0 \dots (16)$$

Setzt man  $\epsilon_m$  in die Gl. (15b) wiederum ein, so bekommt man dadurch den Größtwert  $Y_{1 \max}$ .

c) Die horizontale Überzählige X.

Die Bogenkraft ist die einzige Überzählige, bei deren Berechnung die Gestalt der Bogenachse von Einfluß ist. In Gl. (6) der Bogenachse

$$y' = \frac{f_a}{1+\beta} \left( \frac{x^2}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} + \beta \frac{x^4}{\left(\frac{1}{2}\right)^4} \right)$$

ist es der Formbestimmungswert  $\beta = \frac{f_b}{6q_b}$ , durch dessen Variierung der Form der Bogenachse Rechnung getragen wird. In Gl. (6) ist als Abszissenachse die Tangente gedacht, die man im Scheitel an die Bogenachse legen kann. Bei Verwendung der Mohrschen Fundamentalgleichungen liegt jedoch der Koordinatenanfang im Schwerpunkt der elastischen Kräfte. Man hat daher eine Koordinatenverschiebung vorzunehmen. Der Abstand  $c$  der Schwerpunktes der elastischen Kräfte von der Tangente im Scheitel hängt sowohl von der Gewölbform als von dem elastischen Verhalten des Bogens, d. h. auch von den Größen  $n$  und  $r$  ab (siehe Fig. 1).

Integriert und  $r=1$  festgesetzt, ergibt

$$c = \frac{f_a}{1+\beta} \left( \frac{1+3n}{6(1+n)} + \frac{1+5n}{15(1+n)} \beta \right) \dots \dots \dots (17)$$

Man hat also gemäß der Koordinatenverschiebung in die Fundamentalgleichung einzuführen

$$y = c - y' = \frac{f_a}{1+\beta} \left\{ \frac{1+3n}{6(1+n)} + \frac{1+5n}{15(1+n)} \beta - \left( \left( \frac{x^2}{(2)} \right)^2 + \beta \left( \frac{x^4}{(2)} \right) \right) \right\} \dots \dots \dots (18)$$

Die horizontale Überzähligkeit ist nach Gl. (3)

$$X = \frac{\int M_0 y \frac{d s}{E J}}{\int y^2 \frac{d s}{E J}}$$

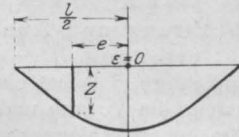


Fig. 6.

Führt man hier für  $M_0$  wiederum die Gl. (9), für  $J$  den Ausdruck (7) und für  $y$  die Gl. (18) ein und integriert innerhalb der Grenzen  $+\frac{l}{2}$  bis  $e$  sowie  $e$  bis  $-\frac{l}{2}$  und addiert, so erhält man, indem man  $r=1$  setzt, die horizontale Überzähligkeit  $X_1$  für eine wandernde Einzellast  $I$  an einer Stelle des Bogens in der Entfernung  $e = \frac{l}{2} \cdot \epsilon$ :

$$X_1 = I \frac{1}{4f_a} (1+\beta) \frac{\left( \frac{1+4n}{20} - \frac{(1+3n)(1+2n)}{36(1+n)} \right) - \left\{ \frac{1+3n}{6(1+n)} \epsilon^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{1-n}{6} \epsilon \right) - \epsilon^4 \left( \frac{1}{12} - \frac{1-n}{20} \epsilon \right) \right\}}{\left( \frac{1+5n}{30} - \frac{(1+3n)^2}{72(1+n)} \right) + 2\beta \left( \frac{1+7n}{56} - \frac{(1+5n)(1+3n)}{180(1+n)} \right) + \beta^2 \left( \frac{1+9n}{90} - \frac{(1+5n)^2}{450(1+n)} \right)}$$

$$+ I \frac{1}{4f_a} (1+\beta) \frac{\beta \left[ \left( \frac{1+6n}{42} - \frac{(1+5n)(1+2n)}{90(1+n)} \right) - \left\{ \frac{1+5n}{15(1+n)} \epsilon^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{1-n}{6} \epsilon \right) - \epsilon^6 \left( \frac{1}{30} - \frac{1-n}{42} \epsilon \right) \right\} \right]}{\left( \frac{1+5n}{30} - \frac{(1+3n)^2}{72(1+n)} \right) + 2\beta \left( \frac{1+7n}{56} - \frac{(1+5n)(1+3n)}{180(1+n)} \right) + \beta^2 \left( \frac{1+9n}{90} - \frac{(1+5n)^2}{450(1+n)} \right)}$$

(19)

Zwar sieht dieser Ausdruck sehr umständlich aus, doch treten die Variablen  $\epsilon$ ,  $\beta$ ,  $n$  in sehr einfachen Beziehungen nur auf, so daß die Ausrech-

nung von  $X_1$ , besonders bei Aufstellung von Tabellen, verhältnismäßig rasch vor sich geht. (Schluß folgt.)

**BEKANNTMACHUNG Nr. E. 1090/5. 17. K. R. A.,  
betreffend Beschlagnahme und Bestandserhebung von Stab-, Form- und Moniereisen  
vom 7. Juni 1917.**

(Veröffentlicht im Reichsanzeiger Nr. 133.)

§ 1.

Von der Bekanntmachung betroffene Gegenstände.

Von dieser Bekanntmachung werden betroffen: Sämtliche vorhandenen und neu erzeugten Mengen an Stab-, Form- und Moniereisen.

§ 2.

Beschlagnahme.

Die Vorräte an Gegenständen der in § 1 genannten Art werden hiermit beschlagnahmt.

§ 3.

Zulässige Verwendungen und Verfügungen.

Trotz der Beschlagnahme ist allgemein die Verwendung von Stab-, Form- und Moniereisen und die Verfügung darüber gestattet, sofern es

sich nicht um Neu-, Erweiterungs- und Umbauten von Bauwerken handelt. Die Verwendung für letztere Zwecke ist nur gestattet, wenn ein Dringlichkeitsschein mit dem Stempel des Kriegsammtes, Bauten-Prüfstelle, vorliegt; auf die Verwendung für Brücken unter Eisenbahngleisen und für laufende Unterhaltungsarbeiten in Bergwerksbetrieben findet die Beschränkung keine Anwendung.

§ 4.

Meldepflicht. Meldepflichtige Personen.

Eisen-Konstruktionsfirmen, Eisenbeton- und Beton-Baufirmen haben die bei ihnen am 1. eines jeden Monats (Stichtag) lagernden Vorräte an Stab-, Form- und Moniereisen bis zum 10. des Monats dem Kriegsamt, Bauten-Prüfstelle, Berlin W 9, Leipziger Platz 13, zu melden. Ausgenommen sind Bestände derjenigen Sorten, gleicher Form und

gleichen Querschnitts, die am Stichtage nicht mehr als 500 kg betragen. Falls die Gewichte nicht aus den Lagerbüchern hervorgehen, ist sorgfältige Schätzung gestattet. Die Meldung hat auf Meldebogen zu erfolgen, die bei der Bauten-Prüfstelle anzufordern sind.

## § 5.

Lagerbuchführung und Auskunfts-  
erteilung.

Jeder Meldepflichtige (§ 4) hat ein Lagerbuch zu führen, aus dem die Vorräte und jede Änderung der Vorräte an beschlagnahmten Gegenständen (§ 1) und die Verwendung derselben ersichtlich sein muß. Beauftragten Beamten der Militär- und Polizeibehörden ist die Prüfung des Lagerbuches, der Belege, sowie die Besichtigung der Räume zu gestatten, in denen meldepflichtige Gegenstände vermutet werden.

## § 6.

## Anfragen und Anträge.

Die Dringlichkeitsscheine sind zu beantragen:

1. für Bauten, die von der Marine-Verwaltung veranlaßt sind, durch das Reichs-Marine-Amt, Berlin W, Königin-Augusta-Straße 38/41,
2. für Bauten, die von der Verwaltung der Preußisch-Hessischen Staatsbahnen und der Reichseisenbahnen veranlaßt sind, durch das Ministerium der öffentlichen Arbeiten, Berlin W 9, Voßstr. 35,
3. für sämtliche andere Bauten durch das Kriegsamt, Bauten-Prüfstelle, Berlin W 9, Leipziger Platz 13.

Die Anträge sind mit eingehender Begründung zu versehen.

Alle sonstigen Anfragen und Anträge, welche die vorstehende Bekanntmachung betreffen, sind an das Königlich-Preußische Kriegsministerium, Kriegsamt, Bauten-Prüfstelle, Berlin W 9, Leipziger Platz 13, zu richten.

## § 7.

## Inkrafttreten der Bekanntmachung.

Die vorstehende Bekanntmachung tritt mit Beginn des 18. Juni 1917 in Kraft.

Berlin, den 7. Juni 1917.

Kriegsministerium. Kriegsamt.

Im Auftrage  
Wolffhügel.

Zu dieser Bekanntmachung hat das Kriegsamt — Bauten-Prüfstelle — die nachstehenden **Erläuterungen** in Form eines allgemeinen Antwortschreibens aufgestellt (Tgb.-Nr. D. 425/E. 7.):

## Bekanntmachung.

1. Grundlage für die Bewirtschaftung des Baueisens bildet die Bekanntmachung Nr. E. 1091/5. 17. K. R. A., betr. Beschlagnahme und Bestandserhebung von Stab-, Form- und Monier-

eisen vom 7. Juni 1917. Unter Baueisen wird hierbei verstanden: Form-, Stab- und Moniereisen; siehe auch unter Nr. 9.

Neu-, Um- und Erweiterungsbauten  
von Bauwerken.

2. Die Bauten-Prüfstelle ist nur zuständig für die Bewirtschaftung von solchem **Baueisen**, das zu Neu-, Um- und Erweiterungsbauten von Bauwerken verwendet wird.

## Begriff Bauwerke.

Unter Bauwerken werden verstanden: a) Gebäude, b) Hallen, c) Traggerüste für: Rohrleitungen, Hochbehälter, Akkumulatoren und Transmissionen, d) Traggerüste für: Förder- und Transportanlagen aller Art, einschl. der Laufschiene (z. B. für Aufzüge, Becherwerke, Krane, Ketten-, Seil- und Hängebahnen, Transportbänder und -rinnen), e) Maste für elektrische Leitungen, f) Hoch-, Martin- und Stahlöfen, g) Kühltürme, h) Maschinen- und Kessel-fundamente, i) Bedienungsgestelle an Maschinen und Apparaten, mit einem Gewicht über 1000 kg, k) Wasserbauten, wie Rechen, Schützen, Wehre, Spundwände usw., l) Brücken (siehe auch Nr. 5).

Für das vorstehend gekennzeichnete Baueisen sind Dringlichkeitsscheine erforderlich. Anträge und Anfragen sind zu richten an die Bauten-Prüfstelle; vergleiche jedoch auch lfd. Nr. 3 und 11.

Dringlichkeitsscheine für Mengen  
unter 500 kg.

3. Für Mengen unter 500 kg ist der Dringlichkeitsschein durch den Eisenhändler bei der Vertrauensstelle für Eisenbedarf zu beantragen.

Landwirtschaftliche, private und  
Gemeindebauten. — Kriegsbauten.

4. Baueisen kann mit Rücksicht auf die derzeitige außerordentliche Knappheit, die eine ausreichende Belieferung sogar der allerdringlichsten Kriegsbauten erschwert, nicht zugestanden werden für landwirtschaftliche, private und Gemeindebauten, die nicht ganz unmittelbar der Kriegswirtschaft dienen, ebensowenig für solche Kriegsbauten, deren Weiterführung noch nicht von der zuständigen Kriegsamtstelle genehmigt worden ist.

Brücken unter Eisenbahngleisen,  
Bergwerke.

5. Für Baueisen, das zu Brücken unter Eisenbahngleisen und laufenden Unterhaltungsarbeiten in Bergwerksbetrieben verwendet wird, ist kein Dringlichkeitsschein erforderlich. Desgleichen für Baueisen zu Reparaturarbeiten, die keinen Um-, Erweiterungs- und Neubau darstellen.

## Fiskalische Bauten.

6. Die Bauten-Prüfstelle ist nicht zuständig für Baueisen, das für fiskalische Bauten der preußisch-hessischen Staatseisenbahnen



oder der Reichseisenbahnen oder der Reichsmarineverwaltung bestimmt ist.

Anträge und Anfragen sind in diesem Falle zu richten an die auftraggebenden Dienststellen der vorgenannten Verwaltungen.

Maschinen, Fahrzeuge usw.

7. Die Bauten-Prüfstelle bewirtschaftet nicht das Baueisen, das zu Fabrikationseinrichtungen und Betriebsanlagen, sowie zu Fahrzeugen und Geräten verwendet wird. Anfragen und Anträge über Fabrikationseinrichtungen und Betriebsanlagen sind zu richten an die Metallberatungs- und Verteilungsstelle, Berlin-Charlottenburg, Hardenbergstr. 3; im übrigen gelten die Richtlinien des Rundschreibens Nr. 20 des Deutschen Stahlbundes vom 16. Dezember 1916 (Vergl. Nr. 10.)

Händlerläger.

8. Die Bauten-Prüfstelle ist nicht zuständig für die Auffüllung der Händlerläger. Diese müssen sich an die Vertrauensstellen für Eisenbedarf wenden.

Form-, Stab-, Moniereisen, Universaleisen.

9. Nach dem vorstehenden bewirtschaftet die Bauten-Prüfstelle nur das Form-, Stab- und Moniereisen; Universaleisen gilt als Stab-eisen.

Bleche, Röhren, Draht, Bandeisen usw.

10. Die Bauten-Prüfstelle ist nicht zuständig für Bleche, Röhren, Draht, Bandeisen usw. Für deren Bezug und Lieferung bleiben die Richtlinien des Rundschreibens Nr. 20 des Deutschen Stahlbundes vom 1. Dezember 1916 bestehen (zu beziehen durch Buchdruckerei M. Strucken, Düsseldorf 17); danach können diese Erzeugnisse ohne Dringlichkeitsschein gegen Aushändigung der vorgeschriebenen eidesstattlichen Erklärung im freien Verkehr beschafft werden.

Grau-, Stahl-, Temperguß.

Bauten-Prüfstelle ist ferner nicht zuständig für Grauguß, Stahlguß, Temperguß; für diese gelten die Vorschriften der Verfügung der Rohstahl-Ausgleichsstelle vom 5. 4. 1917 Nr. I. 1418/3. 17. RAS.

Verkehr mit den Kriegsamtstellen.

11. Anträge auf Baueisen für Bauwerke und Zement sind in jedem Falle zunächst der

zuständigen Kriegsamtstelle vorzulegen und zwar unter Benutzung der von dieser ausgegebenen Fragebogen.

Kriegsamtstellen befinden sich bei allen Generalkommandos und in Metz, außerdem Kriegsamnebenstellen in Düsseldorf, Siegen, Diedenhofen, Ludwigshafen, Mannheim, Kattowitz.

Verwendung von Holz und anderen Baustoffen.

12. Aber selbst, wenn der Bau von der Kriegsamtstelle genehmigt sein sollte, ist damit die Freigabe von Baueisen noch nicht zugesagt; der Bauherr und der Bauunternehmer müssen trotzdem noch in weitestgehendstem Maße versuchen, sich mit Holz und anderen Baustoffen zu behelfen. Augenblickliche oder spätere Mehrkosten können dabei kein Hinderungsgrund sein.

Dringlichkeitsscheine.

13. Dringlichkeitsscheine werden in keinem Falle unausgefüllt ausgehändigt. Handhabung des Dringlichkeitsscheines ist auf dem Schein erläutert.

Meldepflichtige Firmen.

14. Meldepflichtig sind nach § 4 der Bekanntmachung vom 7. 6. 1917 Nr. E. 1091/5. 17. K. R. A. betreffend Beschlagnahme und Bestandserhebung von Stab-, Form- und Moniereisen neben den Eisenbeton- und Betonbauunternehmen alle Eisenkonstruktionsfirmen. Unter Eisenkonstruktionsfirmen werden alle Firmen verstanden, die Bauwerke gemäß obigem Punkt 2 ausführen.

Meldepflichtiges Eisen.

15. Zu melden sind die bei den meldepflichtigen Firmen am 1. eines jeden Monats lagernden Vorräte an Stab-, Form- und Moniereisen, und zwar soweit die Sorten in den von der Bauten-Prüfstelle verausgabten Meldebogen aufgeführt sind. Dabei ist es gleichgültig, ob das Eisen als sogenannter Lagerbestand gilt, oder ob es für ein bestimmtes Bauwerk vorgesehen ist. In die Bestandsmeldungen sind alle Mengen aufzunehmen, die noch nicht zu einzelnen Bauteilen oder fertigen Eisenbauten zusammengesetzt sind.

I. A.

Kögler, Hauptmann d. R.

## ANKERBOLZEN - FUSSBODENLAGER ZUR BEFESTIGUNG VON MASCHINEN AUF MASSIVDECKEN<sup>1)</sup>.

Von K. Böhm (Gera).

Selbst der Betonfachmann muß zugeben, daß die einfache, sichere und dabei billige Befestigung von Maschinen und Antriebteilen an Eisenbeton-

<sup>1)</sup> D. R. P. a. von Architekt, Regierungsbaumeister W. Holzinger, Erlurt.

konstruktionen eine schwache Seite dieses so brauchbaren Baustoffes darstellt. Während die Anbringung der Transmissionen bei reinen Eisenbauten bisweilen leichter als bei bewehrten Betonausführungen möglich ist, bietet bei allen massi-

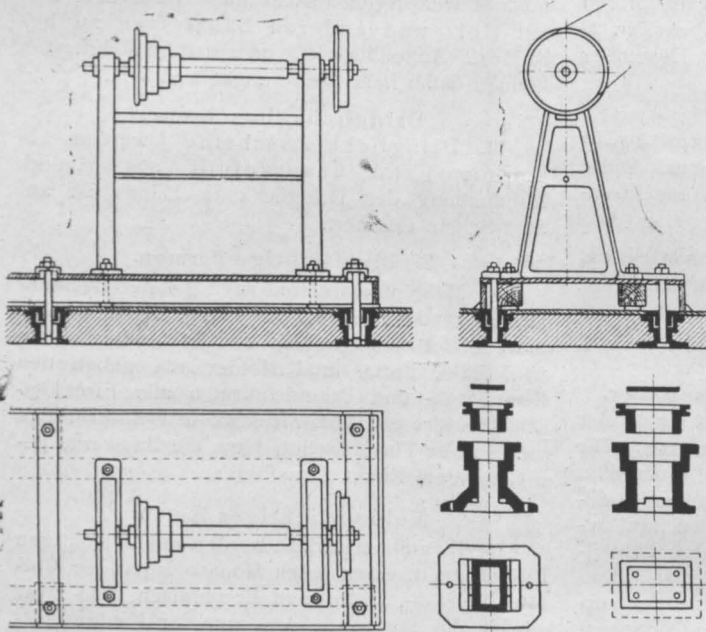
ven Decken das sichere Befestigen der Maschinen auf dem Fußboden wohl die gleichen Schwierigkeiten. Gewiß lassen sich leicht und fast ohne Mehrkosten schon bei der Ausführung Löcher und dergl. vorsehen, aber jeder praktisch tätige Baugewerbler weiß, daß vielfach diese Mühen vergeblich waren. Zur Zeit der Rohbauerstellung sind sich die allermeisten Fabrikbesitzer über die ganz genaue Aufstellung der Maschinen fast nie klar. Mitunter ist auch die liefernde Maschinenfabrik noch gar nicht bestimmt. So erklärt es sich, daß sehr oft die mit viel Liebe sauber angelegten Aussparungen ausgerechnet neben den Stellen sitzen, wo sie gebraucht werden. Solches Mißgeschick ereignet sich auch infolge Verwendung teils

und mittels zweier Nägel, zu welchem Zwecke der Fuß durchbohrt ist, unverschieblich gehalten wird. Da das Aufheften nicht durch äußere Nagelbegrenzung, sondern mittels Durchfassen des Fußes geschieht, so ist im Gegensatz zur losen Annagelung ähnlichen Befestigungszwecken dienender Eisenbübel ein unerwünschtes Verschieben während des Stampfens ausgeschlossen.

2. Aus dem sogen. Lagerhals, welcher die bei der Ausführung von Eisenbetondecken, aber auch des Zementfeinstrichs o. ä. unvermeidlichen Höhenunterschiede ausgleicht. Für besonders ungünstige Fälle kann zwischen Oberkante Lagerfläche und Unterkante Halsplatte ein Flacheisenstück eingeschoben werden.

3. Aus der aufschraubbaren Verschußplatte. Diese ist nicht unbedingt erforderlich und soll hauptsächlich das Verschmutzen des Lagers durch Zementmasse oder Kalkmörtel usw. verhindern.

Bei der Bauausführung werden die Ankerbolzenlager ungefähr dort, wohin später die Maschinenflucht zu stehen kommt, in je zwei Reihen hintereinander eingebaut. Die Maschinen selbst werden auf unter sich und zum Arbeitsgang annähernd gleichlaufenden Holzbohlen (u. U. Kanthölzer) oder Profileisen mittels handelsüblicher Ankerschrauben aufgebolzt und durch eine hölzerne oder eiserne Querlasche fest mit der Deckenplatte verbunden. Besteht der Fußboden aus Holz oder macht sich aus örtlichen Gründen ein stärkerer Bodenbelag erforderlich, so kann zweckmäßigerweise



alter, teils neuer Maschinen oder infolge Lieferung seitens zweier Maschinenfabriken, von denen jede ein wenn auch bisweilen wenig voneinander abweichendes Modell bringt. Auf solche Weise sind nicht selten kostspielige Stemmarbeiten im Tagelohnsatze erforderlich; mitunter bedingen diese nachträglichen Stemmungen auch eine mehr oder weniger erhebliche Konstruktionsschädigung.

Alle diese Nachteile sucht vorliegende Erfindung zu beheben. Zur Zahl solcher unliebsamen Vorkommnisse ist es bemerkenswert, daß der Konstruktionsgedanke von einem Privatarchitekten stammt, der in eigener Fabrikbaupraxis die Mühen und die Unkosten der nachträglichen Maschinen-aufstellung kennen lernte. Das Ankerbolzenlager besteht aus drei Teilen:

1. Aus dem eigentlichen Lager, das in bestimmten Abständen auf die Schalung aufgesetzt

die ganze Lagerordnung leicht mit der Oberkante Fußboden gleich gebracht werden. Ist dagegen nur ein schwacher Zementestrich- oder Steinholzfußboden vorgesehen, so werden die Unterlagbalken hervortreten. Das ist an sich nicht immer erwünscht, es muß aber bedacht werden, daß sich alle Ansprüche in dieser Hinsicht wohl kaum restlos lösen lassen. Obendrein dürften in vielen Fällen diese Erhöhungen, als nur in der Flucht der Maschinen befindlich, nicht stören; schließlich können die Gangbreiten o. ä. unschwer ausgeklinkt werden. Es empfiehlt sich, die Lagerbalken allseitig mit Brettern abzudecken, wodurch die ganze Maschinenreihe auf ein Podium zu stehen kommt. Das hat den Vorteil, daß die Maschinenarbeiter vor einem mitunter gefährvollen Stolpern im wesentlichen bewahrt bleiben.

Je nach der Deckenstärke werden verschieden

hohe Ankerbolzenlager geliefert. Für besondere Fälle erhält das eigentliche Lager seitliche Stege mit Lochbohrungen, durch welche Rundeisenabfälle geführt werden. Infolge deren Verankerung im Beton wird die Sicherheit der festen Lagerung noch erhöht.

Die Erfindung läßt gleichzeitig durch Einbringen einer entsprechenden Isolierschicht zwischen dem Fußboden, Ankerbolzen und Unterlagbalken eine vielfach erwünschte Schalldämpfung mühelos erreichen.

## LITERATURSCHAU.

*Bearbeitet von Dr.-Ing. W. Kunze, Dresden.*

### I. Der Baustoff.

#### 1. Herstellung und Bearbeitung.

Bereitung des Betons. Von Ing. Dr. Wieser, Wien. Ein Hinweis auf die Ausführungen des Ing. Nathan C. Johnson im 2. Bande des Engineering Record 1915, wo hauptsächlich das Spouting-System, Fließbetonsystem, und die Schäden durch zu reichlichen Wasserzusatz behandelt werden. Die vorliegende Veröffentlichung stellt einen kurzen Auszug dar. Beton und Eisen 1917 Heft 14/15.

Marmorbeton. Von R. M. Der Zement bindet an Kalksteinschlag dermaßen besser an als an Hartgesteine, daß die Kalkstein-Betonwaren anderen bedeutend überlegen sind. Man solle mehr Kalkstein-Schotter für Betonzwecke verwenden. Tonindustrie-Ztg. 1917 Nr. 106.

Treppenstufen. Von M. F. Verf. hat die Beobachtung gemacht, daß Marmorbetonsäulen fester werden als solche aus Basalt- oder Quarzbeton. (Vergl. oben Marmorbeton!) Sodann wird Betonstufen gegenüber Granitstufen bei weitem der Vorzug gegeben. Tonindustrie-Ztg. 1917 Nr. 97.

Entfernung von Fettflecken aus Natur- und Kunststeinen. Der Wiener Bauindustrie-Ztg. 1917 Nr. 29 wird folgende Anweisung entnommen. Erst Fettablagerungen mechanisch so gut wie möglich beseitigen (Stahlbürsten). Sodann chemisch vorgehen. Nicht Salz- oder Schwefelsäure, sondern starke Sodalösung oder Benzin mit Stahlbürste aufbürsten. Nachwaschen mit konzentrierter Seifenlösung. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1917 Nr. 35.

Zementdielen in der Landwirtschaft. Karl Roß macht in der Tonindustrie-Zeitung 1917 Nr. 96 auf eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten für Zementdielen aufmerksam (Brunnen- und Grubenabdeckungen, Mißbeeteinfassungen). In Nr. 103 derselben Zeitschrift wendet sich H. Teit gegen diese in vieler Hinsicht berechtigten Vorschläge. Teit würde in Zementdielen mit Sägemehl-Beimengung einen besseren Ersatz für Holzteile erblicken. Die Erzeugung derartiger Dielen solle der Zementbund fördern.

#### 2. Prüfung und Untersuchung.

Versuche mit Hochofenschlacke. Von M. G. Ausführlicher Bericht über die Ergebnisse der in Groß-Lichterfelde von 1911—1916 durchgeführten

Versuche. 6 Spalten, Tonindustrie-Ztg. 1917 Nr. 99, 100, 101.

Verhalten verschiedener Zemente in einem sulfathaltigen Grundwasser. Von Dr.-Ing. H. Nitzsche, Frankfurt a. M. Bericht über Lab.-Versuche des Verfassers, bei denen 3 Portlandzemente und 8 Hochofenzemente mit verschiedenem Kalkgehalte in Leitungswasser und in Sulfatlösungen von der Natur entsprechender Verdünnung 10 Monate lang beobachtet worden sind. Naturgemäß bildet der Zementbazillus (Kalzium-sulfoaluminat) den Mittelpunkt der Betrachtungen. Verfasser führt ihn in einer Anzahl Mikrophotos vor. Die Hochofenzemente haben sich unvergleichlich besser gehalten als die Portlandzemente. Zeitschr. für Betonbau 1917 Doppelheft 7/8.

Zulässige Beanspruchung von Flußeisen in Bauwerken. Von Dr.-Ing. R. Krohn in Danzig. In dieser Abhandlung werden, ausgehend von den anerkannten Festigkeitseigenschaften des Flußeisens, Formeln für die Praxis gegeben für den Fall wechselnder Spannungen, für Knickbelastung und für diese in Verbindung mit Biegebbeanspruchung. Zentralblatt d. B. 1917 Nr. 69, 70.

### II. Theorie.

Formeln für die Berechnung der primären Schwindspannungen in Tragwerken aus Eisenbeton. Von Ing. Leopold Herzka, Wien. In vollständiger Ableitung werden hier einfache Formeln für die Spannungen gebracht, die durch das Schwinden infolge des Vorhandenseins von Eiseneinlagen in Betonquerschnitten und in den Eisen selbst hervorgerufen werden. Zwei Beispiele zeigen, dass die aufgestellten Formeln, die auch zeichnerisch ausgewertet werden können, einen sehr einfachen Nachweis der Schwindspannungen gestatten. Zeitschrift für Betonbau 1917 Doppelheft 7 u. 8.

Untersuchung über die Zulässigkeit der Annahme der Gewölbeachse als Parabel bei der Berechnung von Brückengewölben. Unter Benutzung seines Werkes „Neuere Methoden zur Statik... der elastischen Bogenträger“ kommt hier Ing. A. Strassner zu dem Schlusse, daß „die Parabel zur Berechnung der Bogenkraft doch nicht so einwandfrei ist“,

wie man bisher annahm. Beton und Eisen 1917 Heft 14, 15.

Berechnung der Stockwerkrahmen für beliebige lotrechte und seitliche Belastung. Von Ing. A. Straßner, Frankfurt a. M. Die Arbeit fußt auf dem Werk des Verf. „Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke und der elastischen Bogenträger“. (W. Ernst & Sohn, Berlin.) Mitt. über Zement und Beton 1917 Nr. 16 u. f.

Einspannungsmomente bei Bollwerken. Prof. O. Franzius tritt hier der oft gemachten, aber gewagten Annahme entgegen, daß (oben verankerte) Bollwerke als in der Hafensohle eingespannt zu betrachten seien. Zeitschr. f. Arch. u. Bauwesen 1917 Heft 5.

Durchbiegungen an Brücken unter bewegten Lasten. Von Reg.-Rat Dr.-Ing. H. Saller, Nürnberg. Die bereits in Nr. 47 des Zentralblatts 1917 behandelte Frage, die sich dort nur auf die Wirkung einer einzelnen Last, also eine Stützweite von 4 m, beschränkt, wird hier auf größere Brücken ausgedehnt. Zu der angenäherten Lösung wird eine gleichmäßig verteilte Last verwendet. Beispiele, Abbildungen und Graphikon sind beigegeben. Zentralblatt 1917 Nr. 68.

Die Austeilung der Eisenbewehrung in Balken und Plattenbalken für Brücken. Von Dipl.-Ing. O. Henkel, Magdeburg. Verfasser führt zunächst die Ableitung der von ihm im Zentralblatt d. B. 1917 bereits veröffentlichten Formeln für die für das Moment ungünstigste Stellung eines Lastenzuges und einer Streckenlast bei einem unmittelbar belasteten Träger auf 2 Stützen auch hier vor. Diese Formeln dürften ausgedehnteste Anwendung verdienen. Bei Behandlung der Querkkräfte wird zum Unterschiede gegen viele andere Verfasser richtig davon ausgegangen, daß die Querkraft bei ortsveränderlicher Belastung in Balkenmitte nicht gleich null sind. Für wandernde Streckenlast sowie für Lastenzug werden einfache Formeln für Querkraftmaxima auf Grund von Annäherungen angegeben. Hieran anschließend die eigentliche Behandlung des Themas. (Fortsetzung folgt.) Brückenbau 1917 Nr. 17.

### III. Eisenbetonversuchswesen. Feuerproben.

Proberammung in den Kgl. Anlagen in Stuttgart. Von Dr.-Ing. K. Zimmermann, Regierungsbaumeister, Horb a. Neckar (Verfasser von „Rammwirkungen im Erdreich“). Die Veröffentlichung bringt die Ergebnisse von Versuchen mit 29 Probepfählen. Teils fertige, teils im Erdreich hergestellte Pfähle. Wertvolle Tabellen über alle möglich gewordenen Beobachtungen. Wird fortgesetzt. Beton und Eisen 1917 Heft 14/15.

Brandproben an Eisenbetonbauten. Prof. Henne, Aachen. Besprechung der neuen Versuche des D. A. f. E. an Hand von dessen

amtlichem Bericht in Heft 33. Vgl. Arm. Beton 1917 Heft 5. Beton und Eisen 1917 Heft 14/15.

### IV. Vorschriften und Leitsätze.

Neufassung der holländischen Eisenbetonvorschriften. Die in der Literaturschau des Juliheftes Arm. Beton 1917 naturgemäß nur kurz besprochenen im Entwurfe vorliegenden neuen holländischen Vorschriften werden ausführlicher wiedergegeben und mit den deutschen verglichen in den Mitteilungen für Zement und Beton 1917 Nr. 16.

### V. Ausführungen.

1. Allgemeines über Beton und Eisenbeton. Zement-, Beton- und Eisenbetonwaren, Bauunfälle.

— — —

2. Ausführungen im Hochbau.

Instandsetzung geborstener Kuppel-Tragpfeiler mit Preßzement. Von Geh. Baurat Bing, Köln a. Rh. Musterbeispiel einer nachträglichen Ausfüllung hohler Quaderfugen mit Preßzement bei einer erst 20 Jahre alten Synagoge im Rheinland, wo infolge der ungenügenden Fugenverfüllung die oberen Quadern auf die darunterliegenden derartige Kantenpressungen ausgeübt haben, daß in letzteren bedenkliche Risse entstanden sind. Ausführliche Besprechung der Sachlage und der Ausführung der Ausbesserungen. Mitteilungen über Zement u. Beton 1917 Nr. 16, 17.

Die Erweiterung des Magdeburger Wasserwerks. Von Geh. Baurat Peters, Magdeburg. Vergl. Deutsche B. Ztg. 1917 Nr. 5 und 6 sowie Arm. Beton L. 1917 Mai. Interessante Angaben über die Wasserversorgung von Magdeburg und die Wirkungsweise und Zweckmäßigkeit der Stufenfilter, System Puech-Chabal, sowie über die Frage, ob die Anlagen zu überdachen sind oder nicht. Auch den Grundzügen der Architektur der schönen Anlagen sind einige Ausführungen gewidmet. Gute Photos und Schnitte sind beigegeben. Beton und Eisen 1917 Nr. 14/15.

3. Ausführungen im Brückenbau.

— — —

4. Ausführungen im Wasserbau.

— — —

5. Ausführungen im Straßen-, Eisenbahn-, Tunnel- und städtischen Tiefbau.

Stützmauer aus Beton oder Eisenbeton. D.R.P. 295 995, Zusatz zum Patent 293 959, Alfons Schroeter, Berlin, Abänderung des Grundgedankens der Gelenkstützmauer dahin, daß eine Anordnung der Stützkörper vor der Stützwand empfohlen wird. (Vergl. L. Febr. 1917) 36 Zeilen. Zentralblatt d. B. 1917 Nr. 74.

*Dem Verfassern größerer Originalbeiträge stehen je nach deren Umfang bis zu 10 Exemplaren des betr. vollständigen Heftes kostenfrei zur Verfügung, wenn bei Einsendung des Manuskriptes ein entsprechender Wunsch mitgeteilt wird. Sonderabdrücke werden nur bei rechtzeitiger Bestellung und gegen Erstattung der Kosten geliefert.*