



18. Jahrgang 1921.

NO 13.

Der Eisenbeton im internationalen Wettbewerb um die Limfjord-Brücke bei Aalborg (Dänemark).

(Fortsetzung.)



ährend der in No. 12 beschriebene Entwurf mit dem Kennwort „Højbro“ mit Rücksicht auf die besonderen Vorteile, die der umschnürte Gußeisenbeton hinsichtlich der Verringerung der Querschnitte der Hauptträger, also der Massen des Ueberbaues bietet, und bei Anwendung der kostspieligen Luftdruckgründung zu verhältnismäßig weiten Spannungen kommt, findet der Entwurf mit dem Kennwort „Himmerland-Thy“ bei Ausführung des

ganzen Brückenbauwerkes in Eisenbeton gewöhnlicher Art (wenn auch mit Zulassung etwas höherer Beanspruchung in den Hauptträgern infolge Benutzung hochwertigerer Baustoffe) und bei Auflösung der Pfeiler in je 2, ohne Luftdruck abzusenkende, Brunnen kreisförmigen Querschnittes, die zu einem biegungsfesten Rahmen verbunden sind und auch mit dem Tragwerk ein festes Ganze bilden, bei nur 46^m Stützweite die Grenze, bei der die Kosten der Pfeiler und des Ueberbaues nahezu gleichen Wert erreichen, also die Grenze, bei der erfahrungsgemäß das Kostenminimum liegt. Ein Parallelentwurf mit eisernem Ueberbau bei derselben Pfeileraus- bildung, jedoch bei allen Pfeilern mit 4 Brunnen, da hier die steife Verbindung zwischen Unter- und Ueber-

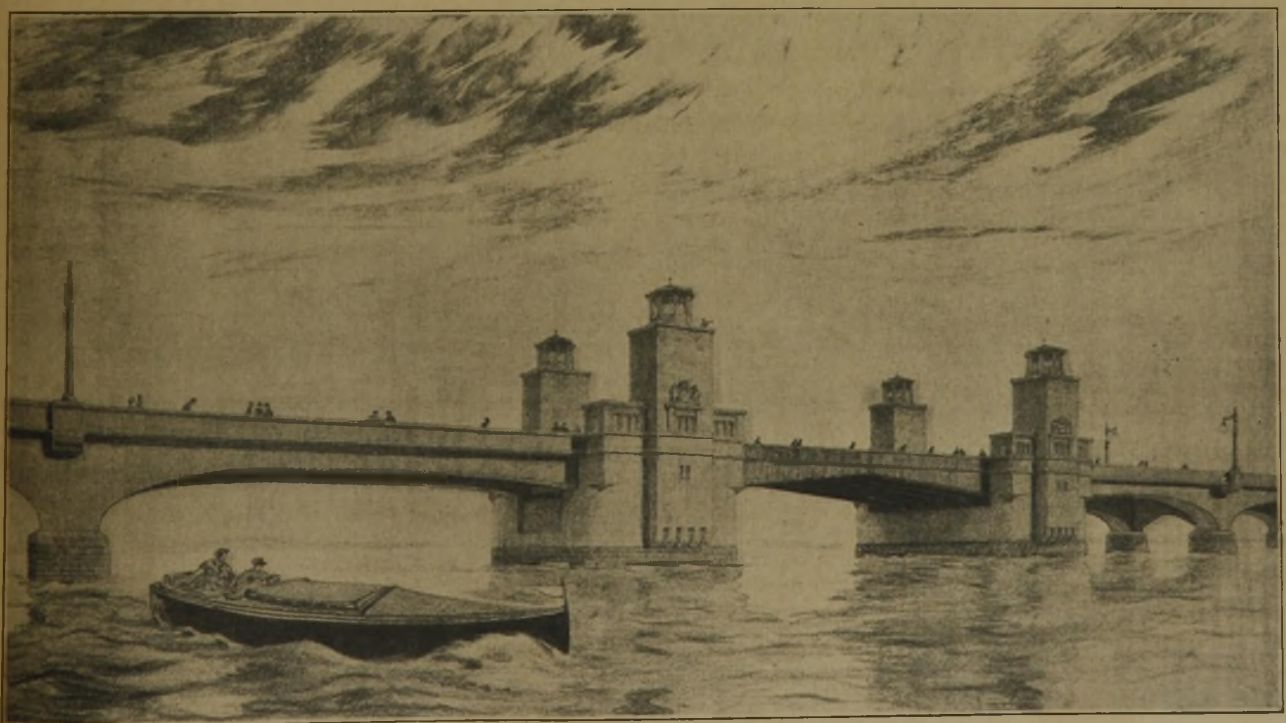


Abbildung 5. Entwurf mit dem Kennwort „Himmerland-Thy“. Ausführung in Eisenbeton. Verfasser: Carl Brandt, Hamburg (Brunnengründung System Reg.-Baumstr. A. H. Müller); A.-G. Lauchhammer und Architekt E. Rentsch, Berlin.

bau nicht möglich ist (das gilt übrigens auch für die Klappenpfeiler der Eisenbetonbrücke), gibt außerdem einen interessanten Kostenvergleich, der erheblich zugunsten der Eisenbetonbauweise ausfällt, die bei fast 7 Millionen Kr. Kosten der Eisenbrücke sich über 1,5 Millionen Kr. billiger stellt als diese, wobei ein Unterschied von über 1 Million Kr. allein im Ueberbau steckt. Ein Vergleich der beiden Abbildungen 5, S. 97 und 6, S. 101 zeigt für die gewählte Ausführungsweise auch eine Ueberlegenheit der Eisenbetonbrücke in ästhetischer Beziehung.

Der Entwurf ist das gemeinsame Werk der Betonbaufirma Carl Brandt, Niederlassung Hamburg, mit der Nordisk Byggekompani m. b. H. in Sonderburg, der A.-G. Lauchhammer und des Architekten Ernst Rentsch in Berlin. Für die Ausführung der Pfeiler ist dabei das von genannter Firma schon mehrfach verwendete, patentierte Gründungssystem von Reg.-Baumstr. Arthur H. Müller, Blankenese bei Hamburg gewählt worden.

Für beide Entwürfe ist auf Aalborger Seite der alte Anschluß am Ufer festgehalten, auf der Nöresundby-Seite dagegen die Brücke so geschwenkt, daß ihre Achse nahezu senkrecht zum Stromstrich liegt. Zuerst wurde der Entwurf mit eisernem Ueberbau aufgestellt, für den man bei dem gewählten Gründungsverfahren auch schon auf mäßigere Spannweiten kam, als man zunächst vermutete, sodaß auch hier schon die Kosten des Ueberbaues herabgedrückt werden. Die Gesamtlänge zwischen beiden Uferlinien von 467,44 m wird durch die Klappbrücke, die einschließlich der beiden stärkeren Pfeiler 47,2 m Breite beansprucht, in 2 symmetrische Teile von je 210,12 m Länge mit je 3 Oeffnungen zerlegt. Mit Rücksicht auf den tiefen Schlammkolk nach dem Aalborger Ufer zu, vergl. das Längsprofil Abbildung 7, S. 100, gab man, um hier keine Pfeiler absenken zu müssen, der mittleren Oeffnung 86,52 m Spannweite, den beiden Seitenöffnungen der eigentlichen Strombrücke je 61,8 m. Die nördliche Brückenhälfte wurde dann aus Gründen der Symmetrie gleichartig geteilt.

Als System des eisernen Ueberbaues wählte man Gerber-Träger mit parallelen Gurten als das einfachste und billigste System, wobei ästhetische Rücksichten mitbestimmend waren, da man in die Landschaft, die keine stärkeren Erhebungen zeigt, keine höher aufragende Trägerform setzen wollte, und zwar umso weniger als die nicht weit entfernte Eisenbahnbrücke ebenfalls eine einfache Horizontale zeigte. Nur die beiden Klappenpfeiler und die Uebergänge von der Strombrücke in die Rampen sind durch turmartige Aufbauten betont, deren Ausgestaltung das Preisgericht wohl zu Unrecht tadelt. Sie fügen sich — wenigstens bei der Eisenbetonbrücke — durchaus harmonisch in den Linienzug ein. Ihre Ausbildung ist für beide Entwürfe die gleiche. Die Träger sind über die Fahrbahn gelegt, um die notwendige Höhe herauszubekommen bei Einhaltung einer angemessenen lichten Durchfahrthöhe unter der Brücke; ihre Höhe ist aber auf 7,5 m beschränkt, wobei die verlangte Durchfahrthöhe von 5,5 m unter den Portalen eingehalten ist. Als Feldteilung ergab sich dabei das Maß von 6,18 m als vorteilhaft. Die Kragträger haben zwei Feldlängen. Jede Brückenhälfte hat ihr Festlager nur auf dem Klappenpfeiler, die übrigen Lager sind beweglich und als Stelzenlager auf den Zwischenpfeilern, als Rollenlager auf den Landwiderlagern ausgebildet. Die Hauptträger liegen zwischen Fahrbahn und Fußweg, wodurch allerdings der ungehinderte Querverkehr unterbunden wird.

Die bewegliche Brücke ist bei beiden Entwürfen als doppelflügelige Klappbrücke System Strauß ausgebildet, da die beiden Klappenpfeiler die Unterbringung von unter der Fahrbahn liegenden Gegengewichten gestatten. Bei der Eisenbetonbrücke fügt sich die Klappenöffnung in den Linienzug des Ueberbaues harmonisch ein, bei dem eisernen Ueberbau entsteht dagegen eine, dieses wichtige Brückenglied zwar klar hervorhebende, aber unschön wirkende Unterbrechung.

Die Aufstellung des eisernen Ueberbaues ist so ge-

dacht, daß zunächst die beiden Klappen in ihren Enden, in wagrechter Lage und gleich auf die Zahnkränze aufgesetzt, über den Pfeilern zusammengebaut und dann in hochgeklappter Lage fertig montiert werden. Sie werden dann herabgelassen, mit Hängerüstung vollendet und mit allen Betriebseinrichtungen versehen, sodaß die Klappendurchfahrt nun benutzbar ist. Dann erfolgt die Aufstellung der auf Rüstungen am Ufer zusammengebauten und durch Pontons herangefahrenen Hauptträger der festen Spannungen über ihren künftigen Pfeilern.

Soviel von der Brücke mit eisernem Ueberbau, die hier nur zum Vergleich herangezogen werden sollte.

Weitere Untersuchungen ergaben, daß bei Anwendung derselben Gründung aber Verbilligung der Pfeiler durch Beschränkung ihrer Brunnenzahl auf je 2 — abgesehen von den Klappenpfeilern, die 4 Brunnen behielten — sich der Ueberbau vorteilhaft auch in Eisenbeton bei Verkürzung der Spannweiten bis auf je 46 m ausführen ließ, wobei die Tragkonstruktion unter die Fahrbahn gelegt werden konnte, eine Anordnung, die in ästhetischer Beziehung, mit Rücksicht auf den Straßenverkehr und die Verringerung der Brückenbreite jedenfalls vorzuziehen war. Es war dabei, da den Trägern an den Pfeilern starke Vouten gegeben werden konnten, doch noch möglich in jeder Oeffnung 3—4 m Lichthöhe für die Kleinschiffahrt offen zu halten.

Die Eisenbetonbrücke ist mit gleicher Teilung der festen Oeffnungen in ganzer Länge durchgeführt, wobei sich dann allerdings die Notwendigkeit ergab, auch Pfeiler in den tiefen Schlammkolk zu setzen, wie das Längsprofil, Abbildung 7, erkennen läßt. Die Pfeiler, die noch einige Meter in den festen Baugrund eingesenkt werden müssen, gehen hier bis 45 m unter Mittelwasser hinab, während die tiefsten Pfeiler der übrigen Brücke auf 32 m unter M. W. abschneiden. Die Fahrbahnoberkante ist bei Einhaltung der nötigen Durchfahrthöhe für den Eisenbahnverkehr am Kai bei mäßigem Längsgefälle über den Klappenpfeilern auf + 8,5 m festgelegt, woraus sich eine lichte Durchfahrthöhe unter der geschlossenen Klappe von noch 7 m ergibt.

Die Hauptträger des Ueberbaues sind ebenfalls als Gerberträger ausgebildet mit 13,8 m langen Kragarmen und eingehängten Mittelstücken von 18,4 m Stützweite. Die Form der Gelenke ist aus Abbildung 8, S. 100 ersichtlich. Je eines ist als Rollenlager ausgebildet. Es sind nur zwei kastenförmige Hauptträger von 2,5 m Breite vorgesehen, die, der unmittelbaren Belastung durch Dampfwalzen und schweres Fuhrwerk entzogen, unter den Bürgersteigen liegen, deren erforderliche Breite von 3 m noch durch Auskragung ergänzt wird. Zwischen die Hauptträger spannen sich starke Querträger, die die Fahrbahntafel tragen. Diese der Anordnung eiserner Brücken nachgebildete Konstruktion ist aus dem schon erwähnten Grunde, außerdem um Hauptbalken großer Knickfestigkeit zu gewinnen und um die erforderlichen Eisen besser unterbringen zu können gewählt. In den eingehängten Trägern ist die untere Bewehrung, die ebenfalls aus Abbildung 8 ersichtlich ist, kreuzweise verlegt, einerseits um das Aufbiegen der Eisen, andererseits um das Einbringen des Betons zwischen die Eisen zu erleichtern. Das Preisgericht glaubt, diese Anordnung allerdings nicht billigen zu können. Um die starken Biegemomente über den Pfeilern aufnehmen zu können, haben die Hauptbalken kräftige Vouten erhalten, die bogenförmig gestaltet auch in ästhetischer Beziehung günstig wirken.

Die Hauptträger sind mit dem Kopf der Pfeiler fest verbunden, und da die beiden Brunnen eines Pfeilers durch überaus kräftige, stark bewehrte Querriegel über Wasser gegeneinander abgestützt sind, so stellt jede zweite Spannung der Brücke eine in sich steife Rahmenkonstruktion dar, die auf 4 Stützen ruht. Einen vollständigen Brückenquerschnitt zeigt Abbildung 9, S. 99, während Abbildung 10 den Längsschnitt durch einen Klappenpfeiler wiedergibt, der seiner größeren Breite und der größeren Steifigkeit wegen auf 4 Brunnen ruht. In der Längsrichtung sind diese in 10 m Abstand ange-

Pfähle beim Transport und beim Rammen infolge der Biegungsspannungen Risse erhalten, die dem Angriff des Seewassers dann den Weg öffnen. Hohlpfähle in Eisenbeton mit größerem Durchmesser, die dann vorwiegend mit innerer Spülung abgesenkt werden müssen, nicht gerammt werden können, lassen sich zwar steif genug ausbilden, ihre Tragfähigkeit sei aber zweifelhaft, der

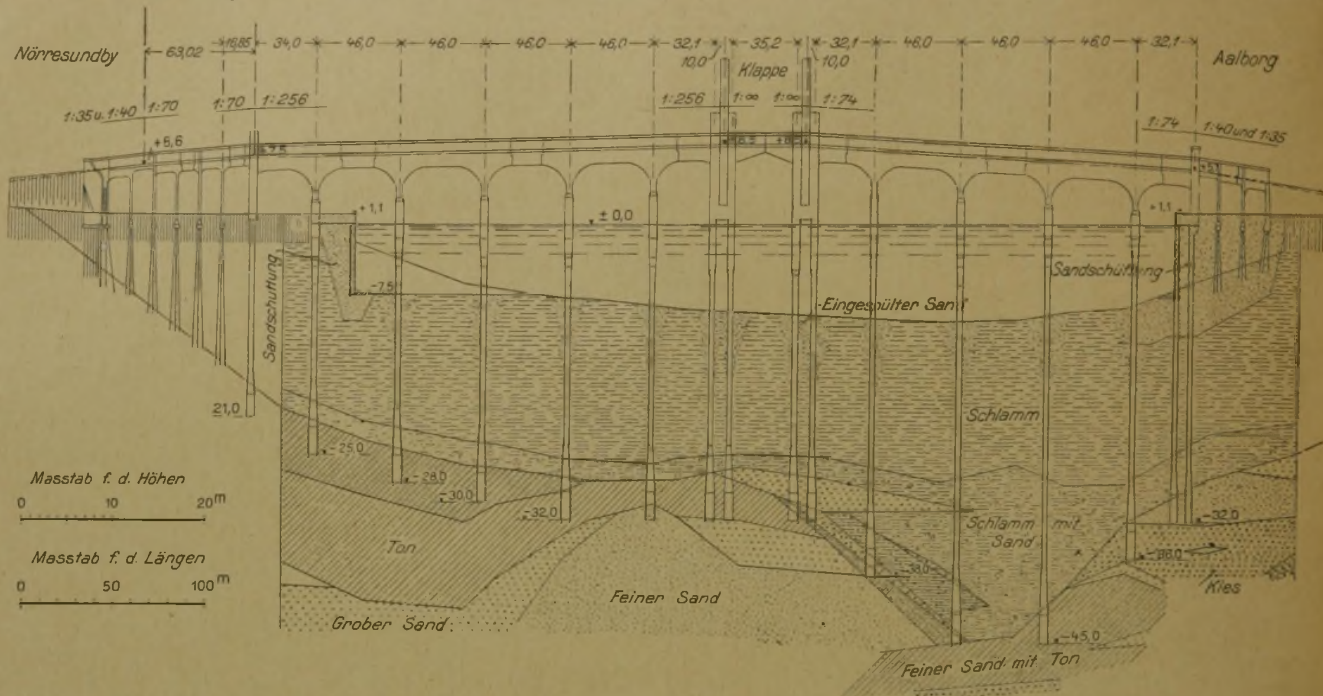


Abbildung 7. Längen- und Höhenplan des Entwurfes in Eisenbeton.

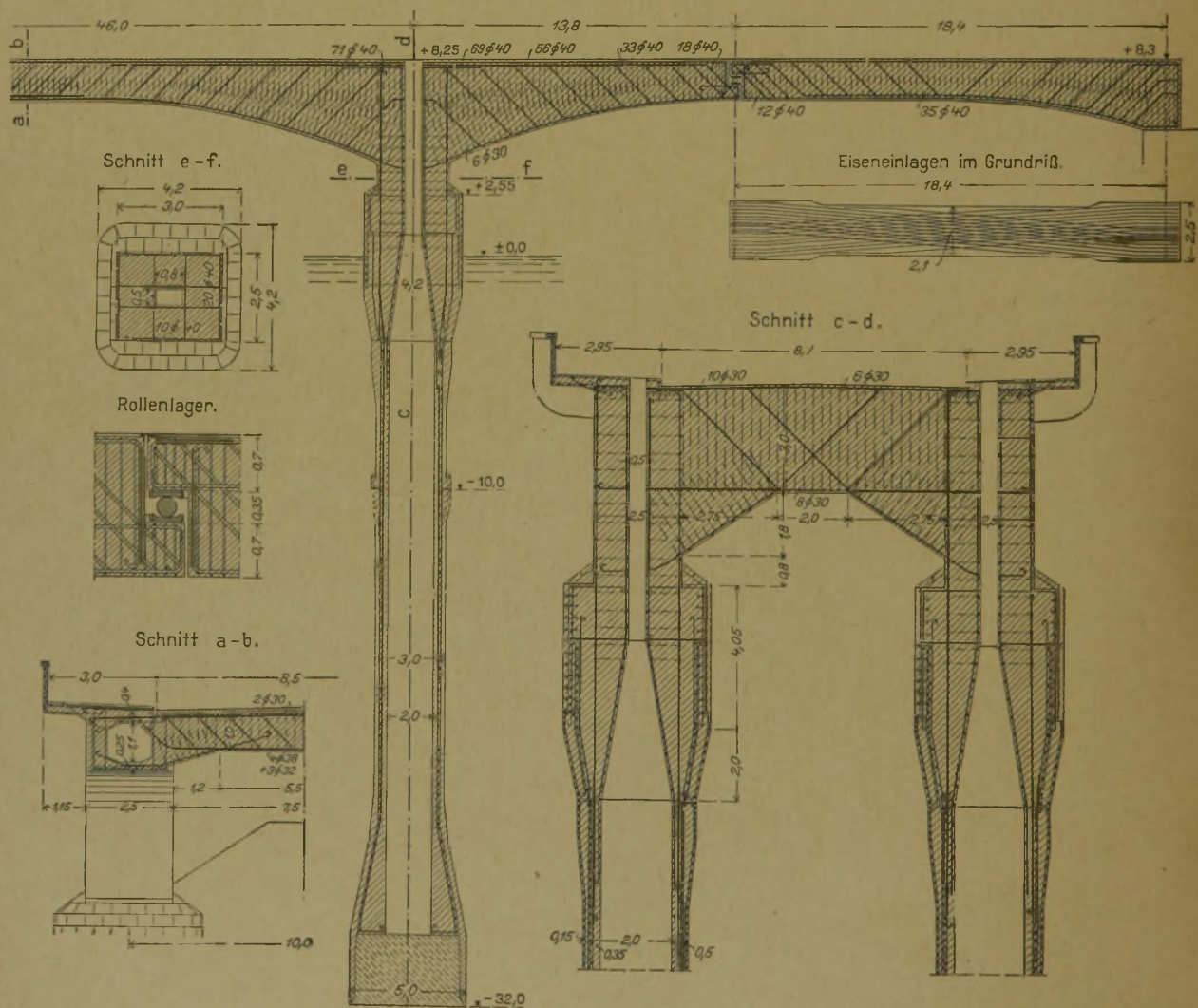


Abbildung 8. Ausbildung der Hauptträger, des Brücken-Querschnittes und der Gelenke.

erforderliche Apparat doch recht kostspielig, außerdem die oberste Grenze der Anwendbarkeit auf 30—40 m beschränkt, was hier nicht ausreicht. Erfahrungen über

Seewassers dann den Weg öffnen. Hohlpfähle in Eisenbeton mit größerem Durchmesser, die dann vorwiegend mit innerer Spülung abgesenkt werden müssen, nicht gerammt werden können, lassen sich zwar steif genug ausbilden, ihre Tragfähigkeit sei aber zweifelhaft, der

Gründungen mit hohem Pfahlrost bei solchen Tiefen liegen jedenfalls bisher nicht vor.

Gewählt ist die Gründung auf Brunnen nach System Reg.-Baumstr. Arthur H. Müller, das allerdings bisher auch erst bei 14 m Wassertiefe, 5 m Schlamm, also etwa 22 m Gesamtlänge der Brunnen praktisch erprobt ist. Die Ausbildung der Brunnen läßt Abbildung 8 erkennen, ihre Bewehrung geben wir in Abbildung 13 in nächster Nummer wieder, die Art ihrer Herstellung und Versenkung siehe Abb. 12, S. 99. Die Brunnen werden am Ufer in mit Eisen ausgeschlagenen Holzformen hergestellt und man läßt sie dann nach Erhärtung und

Tragfähigkeit zu erhöhen und um ein leichteres Absenken zu ermöglichen, glockenförmig gegen den Schaft des Brunnens erweitert ist, erhält der Kopf beim Ablauf einen Holzring, der ihn auf gleichen Durchmesser bringt. Die Brunnen einschl. Fuß werden in Längen von 22 m fertig hergestellt. Die schwimmenden Pfähle werden zur Verwendungsstelle gefloßt und dort von einer aus 2 Schiffen mit 15 m hohem Aufbau bestehenden Versenkanlage, die mit Hebezeugen, Greifern, Pumpen aller Art ausgerüstet ist, gefaßt und unter Einlassung von Wasser und Lösung der Deckel senkrecht gestellt und unter der Wirkung von Spül- und Saugpumpen, sowie

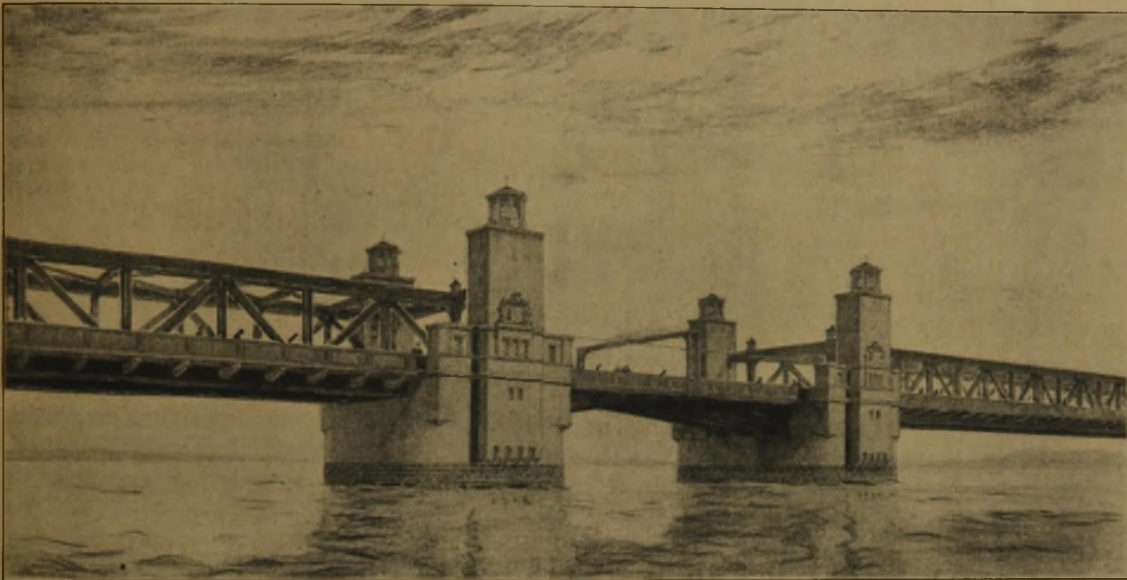


Abbildung 6. Entwurf mit dem Kennwort „Himmerland-Thy“. Ausführung in Eisen. Verfasser Carl Brandt, Hamburg (Brunnengründung System Reg.-Baumstr. A. H. Müller); A.-G. Lauchhammer und Architekt E. Rentsch, Berlin.

Ausschalung über ein einfaches Gerüst ins Wasser ablaufen, nachdem man sie vorher beiderseits mit wasserdichten Holzdeckeln verschlossen hat (vergl. in Abbildung 13 rechts unten). Da der Brunnenfuß, um die

Baggern versenkt, wobei erforderlichen Falls in den festeren Schichten die Brunnen noch durch Aufhängung des mit Wasserballast beschwerten Versenkgerüsts belastet werden können. — (Schluß folgt.)

Bemessung rechteckiger Eisenbeton-Querschnitte für Biegung mit Achsialkraft.

Von Prof. Dr.-Ing. Mörsch in Stuttgart.

Wenn die Aufgabe vorliegt, einen rechteckigen Betonquerschnitt so mit Eiseneinlagen zu versehen, daß zulässige Spannungen σ_e und σ_b eingehalten werden, so bekommt man die nötigen Eisenquerschnitte aus den Gleichungen der Momente in Bezug auf die Mitte der Druck- oder der Zugeisen. In diesem Fall ist wegen der voraus bestimmten zulässigen Spannungen σ_b und σ_e das Spannungsbild im Querschnitt bekannt, insbesondere liegt wegen der geradlinigen Spannungsverteilung die Nulllinie fest, deren Abstand vom gedrückten Rand sich zu

$$x = \frac{n \cdot \sigma_b}{\sigma_e + n \cdot \sigma_b} \cdot h = s \cdot h \dots \dots \dots 1)$$

berechnet. Ferner ist die Spannung in den gedrückten Eisen $\sigma_e' = n \cdot \sigma_b \cdot \frac{(x - h')}{x} \dots \dots \dots 2)$

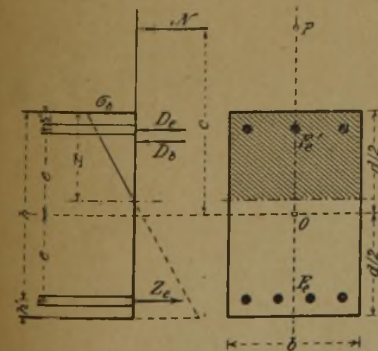


Abbildung 1.

die Resultierende der Betonpressungen

$$D_b = \frac{b \cdot x}{2} \cdot \sigma_b,$$

die Kraft in den Druckeisen

$$D_e = \sigma_e' \cdot F_e'$$

und die Kraft in den Zugeisen

$$Z_e = \sigma_e \cdot F_e.$$

Wegen der Gleichheit zwischen inneren und äußeren Kräften muß das Moment der resultierenden Normal-

kraft N in Bezug auf die Mitte der Eisen jeweils ebenso groß sein, wie dasjenige der inneren Kräfte. Dies führt zu den beiden Gleichungen (Abbildung 1)

$$N(c - e) = M_e' = F_e' \cdot \sigma_e (h - h') - \sigma_b \cdot \frac{b \cdot x}{2} \left(\frac{x}{3} - h' \right)$$

$$N(c + e) = M_e = F_e \cdot \sigma_e' (h - h') + \sigma_b \cdot \frac{b \cdot x}{2} \left(h - \frac{x}{3} \right)$$

woraus

$$F_e = \frac{M_e' + \sigma_b \cdot \frac{b \cdot x}{2} \left(\frac{x}{3} - h' \right)}{\sigma_e (h - h')} \dots \dots \dots 3)$$

$$F_e' = \frac{M_e - \sigma_b \cdot \frac{b \cdot x}{2} \left(h - \frac{x}{3} \right)}{\sigma_e' (h - h')} \dots \dots \dots 4)$$

An Hand dieser Formeln sind in der 5. Auflage meines Buches über den Eisenbetonbau (Abbildung 316 bis 319) Bemessungstabeln berechnet und aufgezeichnet worden, die es ermöglichen, für die Beanspruchungen $\sigma_b = 40$ und 50 sowie für die Verhältnisse $e = 0,42 d$ und $e = 0,45 d$, die nötige Zug- und Druckbewehrung bei beliebiger Eisen- spannung σ_e zu entnehmen. Die Anordnung der Tafeln erlaubt leicht das Minimum der Gesamtbewehrung $F_e + F_e'$ zu entnehmen ohne jede Zwischenrechnung.

Diese Tafeln haben bei den Fachgenossen lebhaften Beifall wegen ihrer einfachen und übersichtlichen Benutzung gefunden, und es ist mehrfach die Anregung an mich gekommen, diese Tafeln für beliebige Betonpressungen σ_b zu erweitern. Dazu gelangt man, indem man in den beiden Gleichungen 3) und 4) rechts den Zähler und Nenner durch σ_b dividiert und $s = \frac{n}{\sigma_e + n}$ setzt. Dann wird zunächst

$$F_e = \frac{M_e}{\sigma_b} + b \cdot \frac{s \cdot h}{2} \left(\frac{s \cdot h}{3} - h' \right) \frac{\sigma_e}{\sigma_b} (h - h')$$

$$F'_e = \frac{M_e}{\sigma_b} - b \cdot \frac{s \cdot h}{2} \left(h - \frac{s \cdot h}{3} \right) \frac{\sigma_e}{\sigma_b} (h - h')$$

und wenn man $e = 0,42 d$, $h = 0,92 d$ und $h' = 0,08 d$ voraussetzt und links und rechts durch $b \cdot d$ dividiert, ergibt sich mit $x = s \cdot h = 0,92 s \cdot d$

$$\mu = \frac{F_e}{b \cdot d} = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} + 0,46 s \left(0,92 \frac{s}{3} - 0,08 \right) \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$$

zugehörigen Kurven beider Quadranten den geringsten wagrechten Abstand haben. Mit dem Zirkel ist diese Stelle leicht zu finden, die praktisch genügend genau auf die benachbarte Fünferstufe der $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ verlegt werden darf.

Selbstverständlich sind nur solche Minima brauchbar, bei denen σ_e die zulässige Grenze nicht überschreitet. σ_e wird durch Multiplikation des Verhältnisses $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ mit σ_b gefunden.

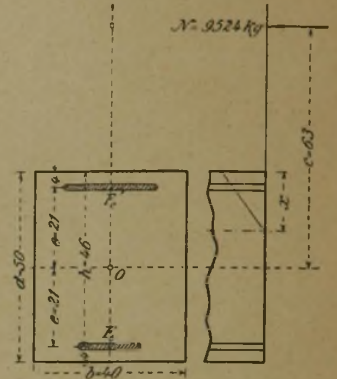


Abbildung 3.

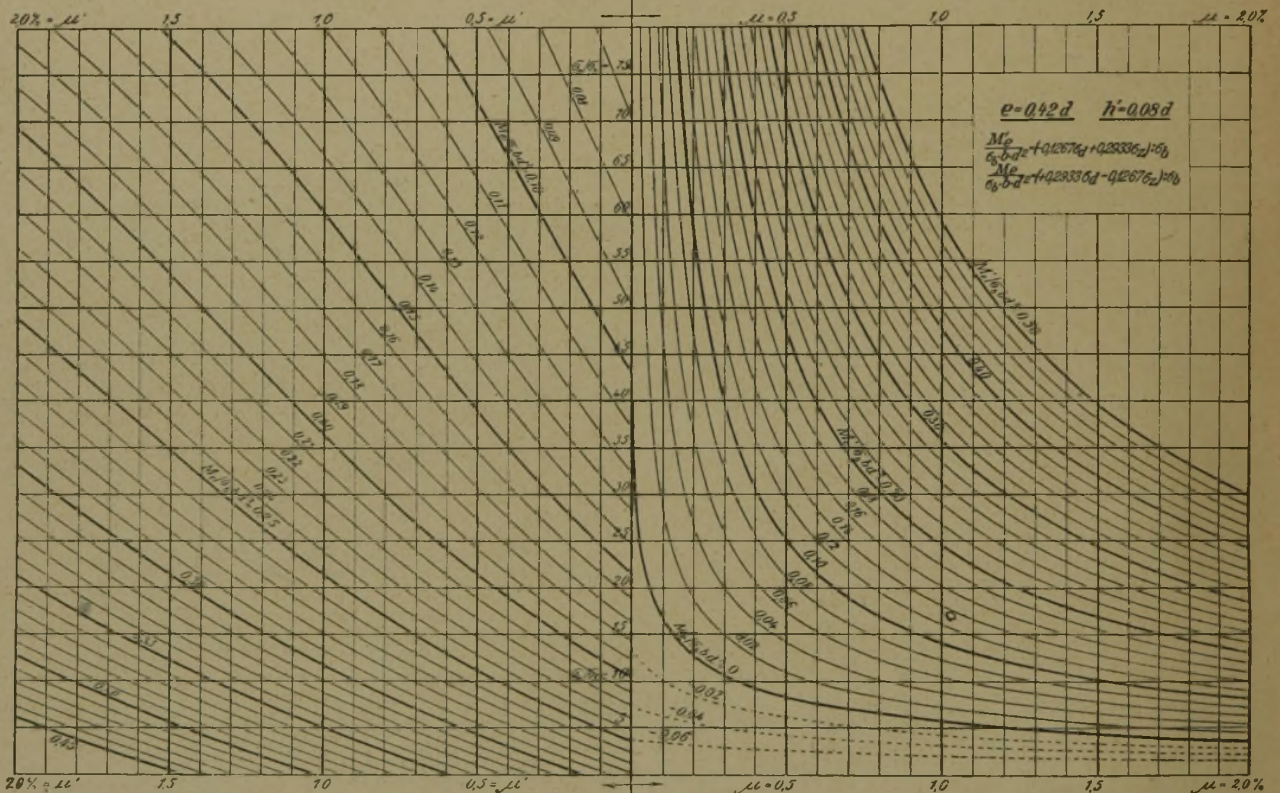


Abbildung 2. Tafel zur Ermittlung von $F_e = \mu \cdot b \cdot d$ und $F'_e = \mu' \cdot b \cdot d$ bei Biegung mit Achsialkraft und einfacher Biegung.

$$\mu' = \frac{F'_e}{b \cdot d} = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} - 0,4232 s \left(1 - \frac{s}{3} \right) \frac{\sigma_e}{\sigma_b} (h - h')$$

$$13,696 \frac{0,92 s - 0,08}{s}$$

Nach diesen Gleichungen sind für bestimmte runde Werte $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ und $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ und fortschreitende Werte $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$, durch die dann auch s bestimmt ist, die Bewehrungsziffern μ und μ' berechnet und die Beziehungen in Abbildung 2 dargestellt werden.

Wenn also ein Betonquerschnitt $b d$ mit den äußeren Kraftwirkungen gegeben ist, so hat man mit der gewählten Beanspruchung σ_b die Verhältnisse $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ und $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ auszurechnen und findet dann in der Tafel die nötigen Bewehrungsziffern μ und μ' als Abszissen der zugehörigen Kurven rechts und links auf derjenigen Höhe $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$, die der beabsichtigten Eisenspannung entspricht.

Das Minimum der Gesamtbewehrung $\mu + \mu'$ oder $F_e + F'_e$ ist bei derjenigen Stufe $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ vorhanden, wo die

Die Benutzung der Tafel wird noch durch folgendes Beispiel gezeigt. Nach Abbildung 3 ist hier das Verhältnis $e = 0,42 d$ vorhanden, ferner ist

$$M_e = 9524 \cdot (63 + 21) = 800000 \text{ cmkg}$$

$$M'_e = 9524 \cdot (63 - 21) = 400000 \text{ cmkg}$$

Für $\sigma_b = 40$ wird dann

$$\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} = \frac{800000}{40 \cdot 40 \cdot 50^2} = 0,20$$

$$\frac{M'_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} = \frac{400000}{40 \cdot 40 \cdot 50^2} = 0,10$$

Zwischen den betreffenden Kurven findet man in der Tafel den kleinsten Abstand auf der Stufe $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = 20$, also

bei $\sigma_e = 20 \cdot 40 = 800 \text{ kg/cm}^2$, und die benötigten Bewehrungen $\mu = 0,65\%$, $\mu' = 0,45\%$, d. h. der Querschnitt der Zugeisen ist $F_e = \frac{0,65}{100} \cdot 40 \cdot 50 = 13 \text{ qcm}$ und derjenige der

$$\text{Druckeisen } F'_e = 0,45 \cdot \frac{40 \cdot 50}{100} = 9 \text{ qcm}$$

Wollte man die Zugeisen mit 1200 kg/cm^2 beanspruchen, so wäre $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = 30$ und man erhielte aus der Tafel $\mu = 0,41\%$, $\mu' = 0,80\%$, d. h. es wäre

$$F_e = 0,11 \cdot \frac{40 \cdot 50}{100} = 8,2 \text{ qcm} \text{ und } F_e' = 0,80 \cdot \frac{40 \cdot 50}{100} = 16 \text{ qcm}.$$

Zusammen wäre die Bewehrung im Querschnitt 24,2 qcm gegenüber 22 qcm vorhin, wo σ_e nur = 800 kg/cm² ist.

Die Bemessungstafeln können auch zur Nachprüfung beiderseits bewehrter Querschnitte benutzt werden, so daß die Ermittlung von x nach der kubischen Gleichung und von σ_b erspart werden kann. Dies möge an folgendem Beispiel gezeigt werden.

Es sei $b = 40$, $d = 60$ cm, $e = 0,42 d = 25,2$ cm, $F_e = F_e' = 24,54$ qcm, $M = 13,5$ mt und $N = 15$ t.

Man rechnet zunächst

$$M_e' = M - N \cdot e = 13,5 - 15 \cdot 0,252 = 9,72 \text{ mt}$$

$$M_e = M + N \cdot e = 13,5 + 15 \cdot 0,252 = 17,28 \text{ mt}.$$

Ist für den betreffenden Bauteil $\sigma_b = 50$ kg/cm² zugelassen, so ist

$$\frac{M_e'}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} = \frac{972000}{50 \cdot 40 \cdot 60^2} = 0,135$$

$$\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} = \frac{1728000}{50 \cdot 40 \cdot 60^2} = 0,24$$

Das Bewehrungsverhältnis ist

$$\mu = \mu' = \frac{24,54}{40 \cdot 60} \cdot 100 = 1,02 \%$$

Wir finden nun im rechten Quadranten den Schnittpunkt der $\frac{M_e'}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} = 0,135$ entsprechenden Kurve mit der

durch $\mu = 1,02\%$ gezogenen Lotrechten auf der Höhe $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = 17$,

also bei $\sigma_e = 17 \cdot 50 = 850$ kg/cm². Geht man wagt herüber in den linken Quadranten, so findet man auf der

gleichen Höhe bei der Kurve $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2} = 0,24$ die Bewehrungsziffer $\mu' = 0,72\%$.

Das heißt also $\sigma_b = 50$ wird erreicht, wenn im gegebenen Querschnitt die Zugeisen beibehalten, die Druckeisen aber von 1,02 auf 0,72% vermindert werden; die Eisenspannung ist in diesem Fall $\sigma_e = 850$ kg/cm². Hieraus folgt, daß wenn die Druckbewehrung mit $\mu' = 1,02\%$ bleibt, die Randspannung des Betons die zulässige Grenze von 50 nicht erreichen wird, gleichzeitig wird sich σ_e nur wenig ändern. Die genaue Nachrechnung dieses symmetrisch bewehrten Querschnittes für die angegebenen Kraftwirkungen M und N ergibt $\sigma_b = 45,4$ und $\sigma_e = 848$ kg/cm².

In der hier vorliegenden Darstellung können aus der Tafel auch die Spannungen σ_b und σ_e für gegebene Querschnitte und äußere Kraftwirkungen gefunden werden, so daß nicht nur die Ermittlung von x sondern auch die Ausrechnung der Spannungen σ_b und σ_e nach den dafür maßgebenden Gleichungen entbehrlich wird.

In diesem Fall ist F_e und F_e' bekannt, also auch $\mu = \frac{F_e}{b \cdot d}$ und $\mu' = \frac{F_e'}{b \cdot d}$. Man hat dann nur auf den zu

diesen Bewehrungsziffern gehörigen Lotrechten nachzusehen, welche Kurven, deren Ziffern sich wie $M_e' : M_e$ verhalten, sie auf gleicher Höhe schneiden. Damit findet man

$\frac{M_e'}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ und $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$, sowie $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ und weil $\frac{M_e'}{b \cdot d^2}$ und

$\frac{M_e}{b \cdot d^2}$ bekannt sind, so folgt die Betonspannung σ_b sehr

$$\text{einfach} = \frac{M_e}{b \cdot d^2} \text{ und } \sigma_e = \frac{\sigma_e}{\sigma_b} \cdot \sigma_b.$$

Wenn wir das soeben behandelte Beispiel in dieser Weise vornehmen, so erhalten wir, da $\frac{M_e'}{b \cdot d^2} = 6,75$ kg/cm²,

$\frac{M_e}{b \cdot d^2} = 12$ kg/cm² und $\mu = \mu' = 1,02\%$ ist, $\frac{M_e'}{b \cdot d^2} : \frac{M_e}{b \cdot d^2} =$

$\frac{6,75}{12} = 0,562$; also muß die Kurve des rechten Qua-

dranten die 0,562fache Ziffer derjenigen des linken auf-

weisen. Aus der Tafel Abbildung 2 finden wir verhältnismäßig rasch die zusammengehörigen Kurven, welche die μ - und μ' -Lotrechten in derselben Höhe schneiden, indem wir das Verhältnis 0,562 auf dem Rechenschieber einstellen und mehrere Kurven probieren:

Die Kurve 0,30 links bedingt rechts die Kurve 0,169, der Punkt links bei $\mu' = 1,02$ liegt tiefer als der rechts. Die Kurve 0,27 links bedingt rechts die Kurve 0,152, der Höhenunterschied der Schnittpunkte ist geringer geworden.

Die Kurve 0,26 links bedingt rechts die Kurve 0,146, der Punkt rechts liegt jetzt tiefer als der Punkt links. Bei 0,262 und 0,147 findet sich links und rechts überein-

stimmende Höhenlage auf $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = 10,5$ und wir erhalten

demgemäß:

$$\sigma_b = \frac{12}{0,262} = 45,8 \text{ kg/cm}^2 \text{ oder } \frac{6,75}{0,147} = 45,9 \text{ kg/cm}^2,$$

ferner $\sigma_e = 18,5 \cdot 45,8 = 849$ kg/cm².

Gegenüber den Zahlen der genauen Rechnung nach den Formeln ist demnach eine vorzügliche Übereinstimmung vorhanden. Der Tafel kommt somit eine Bedeutung nicht nur für die Bemessung, sondern auch für den Spannungsnachweis zu.

Auch für einseitig bewehrte Querschnitte läßt sich der Spannungsnachweis in der gezeigten Weise durchführen. Hier ist eben $\mu' = 0$ und M_e' ist dann das Moment der äußeren Kräfte, bezogen auf den in der Druckzone symmetrisch zu den Zugeisen gelegenen Punkt.

Die Tafel Abbildung 2 gilt auch für Biegung mit Achsialzug, denn es ergeben sich in diesem Fall genau dieselben Gleichungen 3) und 4) für F_e und F_e' . Der Unterschied besteht dann nur darin, daß jetzt $M_e' > M_e$ ist und eine höhere Kurve des rechten Quadranten mit einer niederen des linken zusammen zu nehmen ist, während dies bei einer Druckkraft N umgekehrt war.

Die einfache Biegung kann als Sonderfall der Biegung mit Achsialkraft betrachtet werden, wenn nämlich die resultierende Normalkraft N verschwindend klein geworden ist und an unendlich großem Hebelsarm angreift. Alsdann ist $M_e' = M_e = M$, d. h. gleich dem Biegemoment der äußeren Kräfte in Bezug auf den parallel zu ihnen liegenden Querschnitt. Man erhält dann in beiden Quadranten Kurven gleicher Ziffer.

Die Tafel kann so benutzt werden, um für durchlaufende Plattenbalken bei den Mittelstützen die oben nötigen Zugeisen und die untere Druckbewehrung für das Biegemoment M zu ermitteln. Umgekehrt kann man das Biegemoment finden, wenn die Bewehrung oben und unten gegeben und eine zulässige Druckspannung σ_b einzuhalten ist. Alsdann rechnet man μ und μ' aus und sieht nach, welche Kurven gleicher Ziffer in beiden Quadranten die μ - und μ' -Lotrechten in gleicher Höhe schneiden. Man

erhält dann $\frac{M}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ und $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ und damit bei gegebenem

σ_b , das Moment M und σ_e . Bleibt letzteres unter der zulässigen Grenze, so ist das Ergebnis brauchbar, liegt σ_e

oberhalb dieser Grenze, so kann aus $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ mit dem zulässigen

σ_e der Wert σ_b errechnet werden, der dann kleiner als zulässig ist und zum Moment führt, das der Querschnitt unter Einhaltung einer zulässigen Spannung σ_e aushalten kann.

Bei geringer Exzentrizität der Normalkraft N kann sich sowohl bei Benutzung der Tafel, als auch beim Rechnen nach den Formeln 3) und 4) für F_e kein brauchbarer, d. h. ein negativer Wert ergeben, sofern man mit einem bestimmten σ_e rechnen will. In einem solchen Fall wird man den Querschnitt nicht ohne Zugbewehrung lassen, weil eine mögliche kleine Verschiebung der nahe dem Druckrand wirkenden Kraft N doch eine Zugbewehrung verlangen würde.

In diesem Fall wähle man den Querschnitt F_e der Zugeisen so stark, daß sie imstande sind, mit der zulässigen Spannung σ_e die Gesamtheit der im unbewehrten Betonquerschnitt vorhandenen Zugspannungskräfte aufzunehmen. Man erhält dann immer einen ordentlichen Eisenquerschnitt, der gegen unvorhergesehene Schwankungen der Resultierenden N reichliche Sicherheit bietet. Die vom Eisen alsdann aufzunehmende Zugkraft wird

$$Z = \frac{b \cdot d}{2} \cdot \frac{\sigma_e^2}{(\sigma_e + \sigma_d)}$$

und deshalb $F_e = \frac{Z}{\sigma_e}$, wo σ_e und σ_d mit ihren Zahlenwerten ohne Vorzeichen einzusetzen sind. (Abbildung 4).

Wenn man nachprüfen will, ob noch eine Druckbewehrung nötig ist, so kann die Tafel Abbild. 2 benutzt werden. Es ist jetzt

$$\mu = \frac{F_e}{b \cdot d}$$

bekannt, man geht mit

dieser Abszisse auf die dazu gehörige Kurve $\frac{M_e'}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$,

die dann wahrscheinlich eine negative Ziffer haben wird, und findet auf gleicher Höhe im Quadranten links auf der

zugehörigen $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ -Kurve, sofern diese noch vorhanden

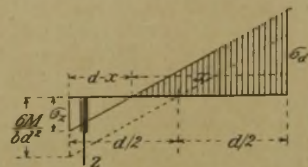


Abbildung 4.

Vermischtes.

Die unfreiwillige vorzeitige Ausrüstung einer Eisenbeton-Bogenbrücke durch Fortreißen des Lehrgerüsts durch Hochwasser kaum 12 Stunden nach Schluß der Betonierung, die ohne jeden Schaden für das Gewölbe verlaufen ist, liefert einen neuen Beweis von der hohen Widerstandsfähigkeit sorgfältig hergestellten, selbst noch sehr jungen Eisenbetons. Wie „Engineering News Record“ vom 12. Mai d. J. berichten, wurde das betreffende Bauwerk als Ersatz einer alten Holzbrücke bei Herkimer N. Y. im letzten Winter über den West Canada Creek erbaut mit 3 eingespannten Gewölben von 26,2 m Spw. bei 6,25 m Pfeil. Jedes Gewölbe besteht aus 2 je 1,52 m breiten, in 2,44 m Abstand angeordneten Ringen von im Scheitel 0,55, am Kämpfer 1,52 m Stärke. Die Bewehrung der Gewölbe wird von je 10 Rundeseisen von 22 mm Durchm. längs der Gewölbeleibungen und Quereisen in 1,5 m Abstand, sowie Bügeln gebildet. Der Beton bestand aus Zement, Sand und gequetschtem Kalkgestein in Mischung 1:2:4, während die Pfeiler und Widerlager in Kiesbeton 1:3:6 hergestellt waren. Die Lufttemperatur war bei Betonierung des ersten Gewölbes, die im November 1920 erfolgte, 1° C, die Betonmischung wurde mit heißem Wasser angemacht, sodaß die Temperatur des eingebrachten Betons vielleicht 13° C betrug. Der eine Gewölbering des 1. Gewölbes war am 20. November fertig, der andere am späten Nachmittag des nächsten Tages. In der Nacht stieg dann der Fluß um 1,5 m und riß die als Steinkästen (Balkenwerk mit Steinfüllung) ausgebildeten Unterstützungspunkte des Lehrgerüsts und damit auch dieses fort, sodaß der kaum 12 Stunden alte Bogen ganz plötzlich ausgerüstet wurde. Es entstand dabei eine Scheitelsenkung von etwa 2 cm, d. h. nicht viel mehr als man bei einer Ausrüstung nach acht-tägiger Erhärtung erwartet hatte. Bei einer sorgfältigen Untersuchung der Gewölberinge wurden keine Beschädigungen oder Risse an ihnen entdeckt. —

Für die Ableistung der praktischen Arbeitszeit der Studierenden des Bauingenieurfaches, die von den technischen Hochschulen in Württemberg, Hessen, Sachsen bereits in die neuen Prüfungsvorschriften aufgenommen, für Preußen in dem Entwurf für die Reform der technischen Hochschule vorgesehen ist, also zweifellos in allen Hochschulen in absehbarer Zeit eingeführt werden wird, hat der „Deutsche Beton-Verein“, der sich schon anfangs des Jahres für die Einführung dieser praktischen Arbeitszeit entschieden ausgesprochen hat, entsprechende Vorkehrungen getroffen, um im Kreise seiner Mitgliedsfirmen eine größere Anzahl von Praktikanten unterbringen zu können. Der Verein hat zusammen mit dem „Beton- und Tiefbau-Arbeitgeberverband für Deutschland“ zu diesem Zweck einen Arbeitsnachweis errichtet, der ganz Deutschland umfaßt. Die Arbeitsvermittlungsstellen sind die Gruppen des genannten Verbandes, die Geschäftsstelle des „Deutschen Beton-Vereins“ in Oberkassel ist die Zentrale. Die Gruppen haben alljährlich anzugeben, wieviele Studierende sie unterbringen können, dann werden die sich zur Ableistung ihrer praktischen Arbeitszeit Meldenden entsprechend auf die Bauunternehmungen verteilt, wobei möglichst eine Unterbringung der sich Meldenden in der Gruppe ihres Wohnbezirkes erfolgen soll. Die Zentrale dient zum Ausgleich in den verschiedenen Gruppen.

Der Beton-Verein hat ferner Richtlinien aufgestellt, nach denen durch die Firmen die Ausbildung innerhalb der auf 5 Monate bemessenen praktischen Arbeitszeit zu erfolgen hat. Diese Ausbildung soll eine rein handwerksmäßige sein, der Studierende soll also, wie jeder andere Arbeiter in den Arbeitskolonnen unter Aufsicht des Poliers mitarbeit-

ist, die Abszisse μ' , außerdem auf der Ordinatenachse $\frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ und damit σ_e , das dann ziemlich klein ausfallen wird.

In Abbildung 2 sind oben rechts noch die Formeln angegeben, nach welchen $\frac{M_e'}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ und $\frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ unmittel-

bar aus den für den unbewehrten Betonquerschnitt gefundenen Randspannungen σ_d und σ_e berechnet werden können, die man bei statisch unbestimmten Bauwerken bei der Zusammenstellung der Grenzwerte aus verschiedenen Belastungsfällen zuerst erhält.

Im demnächst erscheinenden 2. Teil von Band I meines Buches über den Eisenbetonbau werden die Bemessungstafeln wie Abbildung 2 auch noch für $e = 0,38 d$ und $e = 0,45 d$ enthalten sein, sodaß alle vorkommenden Verhältnisse von Rechteckquerschnitten durch die Tafeln gedeckt sind. —

ten und sich in die Arbeitsordnung auf der Baustelle einfügen. Es wird in den Richtlinien ferner den Baufirmen angegeben, welche Arbeiten der Studierende während seiner Ausbildungszeit kennen lernen soll. Es ist dabei grundsätzlich vorgesehen, daß die Studierenden während ihrer Ausbildungszeit von den Firmen eine „Studienbeihilfe“ erhalten, die sich nach der Leistung und nach dem Arbeitswillen richten, für die aber im Allgemeinen die Höhe von 400 bis 600 M. monatlich festgehalten werden soll.

Es sei hier bemerkt, daß auf Veranlassung der „Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen“ auch der „Deutsche Eisenbau-Verband“ und der „Reichsverband für das deutsche Tiefbaugewerbe“ sich grundsätzlich zu gleichen Maßnahmen bereit erklärt haben und daß die Vorarbeiten dafür bereits vorliegen. Die genannte Gesellschaft wird ihrerseits ein Merkheft über den Beruf des Bauingenieurs aufstellen und den höheren Schulen zugänglich machen, in dem auch auf diese praktische Ausbildung hingewiesen werden soll. Für diese sind zunächst in diesem Jahr die großen Ferien vorgesehen, später soll die Arbeitszeit im Allgemeinen vor dem Studium abgeleistet werden. Die Beibringung eines Zeugnisses über die erfolgreiche Ableistung dieser praktischen Zeit wird die Vorbedingung für die spätere Zulassung zum Diplomeexamen bilden. —

Eine Neufassung der Gebührenordnung der Architekten und Ingenieure erscheint zum 1. Oktober d. J., die in beiden Gebührenordnungen in den allgemeinen Bestimmungen in einigen Paragraphen eine juristisch zutreffendere Fassung erhält, ferner die Stundensätze für nach der Zeit zu berechnende Leistungen von 20 M. auf 35 M. bringt und den Mindestsatz für Gutachten usw. auf 70 M. festlegt. Auch die Aufwandsentschädigung für Reisen sind zeitgemäß erhöht, und zwar auf 70 M. für den Tag ohne Uebernachten, dazu 40 M. für Nachtquartier festgesetzt. Für die besetzten Gebiete, die unter besonderen Teuerungsverhältnissen leiden, ist eine Erhöhung dieser Sätze um 25 v. H. zugelassen. In der Gebührenordnung für Architekten sind außerdem einige Ermäßigungen eingetreten, die sich namentlich auf die wiederholte Benutzung des gleichen Entwurfes beziehen, wie sie besonders bei Siedelungsbauten regelmäßig vorkommen. Die Sätze der Gebührenordnung 1920 haben nach den damit gemachten Erfahrungen für diese Fälle doch zu hohe Honorare ergeben. Eben so sind auch Ermäßigungen eingetreten für Mietshäuser, bei denen sich die Grundrißanordnung in mehreren Geschossen wiederholt. Die in beiden Gebührenordnungen eingefügte Gebührenordnung für städtebauliche Arbeiten ist in den Gebühren für Ortsbaupläne, die sich als zu niedrig erwiesen haben, um etwa 30 v. H. erhöht. Außerdem ist dieser Teil der G.-O. weiter ausgebaut worden. In der Gebührenordnung für Ingenieure sind dagegen grundlegende Aenderungen nicht gemacht worden. Es liegen zwar einige Wünsche vor, die aber noch nicht durchberaten sind und daher von den Ago-Ausschuß angehörigen Vereinen erst noch eingehend geprüft werden müssen. Eine weitere sachliche Aenderung der Gebührenordnung der Ingenieure ist also in absehbarer Zeit nicht zu erwarten. Beide Gebührenordnungen erscheinen wieder im Verlage von Julius Springer, Berlin. —

Inhalt: Der Eisenbeton im internationalen Wettbewerb um die Limfjord-Brücke bei Aalborg (Dänemark). (Fortsetzung.) — Bemessung rechteckiger Eisenbeton-Querschnitte für Biegung mit Achsialkraft. — Vermischtes. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., in Berlin.
Für die Redaktion verantwortlich: Fritz Eiselen in Berlin.
Buchdruckerei Gustav Schenck Nachf. P. M. Weber in Berlin.