



18. Jahrgang 1921.

NO 2.

Der Hochbehälter III der Wasserversorgung Nürnbergs.

Von A. Aigner, Oberingenieur der städt. Wasserwerke, Nürnberg. (Fortsetzung statt Schluß.)

Hierzu die Abbildungen auf S. 13.



auf eine sorgfältige Ableitung des in der Baugrube aufgetretenen Grundwassers, das besonders aus dem tiefen Einschnitt in das Gelände an der Südwand zu Tage trat, ist ein besonderes Augenmerk gelegt worden. Außer der bereits erwähnten Entwässerungsleitung unter der Mittelmauer, die sich auch noch in den Verbindungsstollen hinein erstreckt (vergl. Abbildungen 5, 6 und 7 in No. 1), ist um den ganzen Behälter herum eine Sickerleitung aus halbseitig gelochten Steinzeugröhren verlegt, die durch Einsteigschächte in entsprechenden Abständen zugänglich gemacht wurde. Die Entwässerung der Behälterdecke erfolgt durch Verlegen von Sickerleitungen aus eingeschotterten, halbrunden gelochten Steinzeugröhren in den Gewölbezwickeln (Abbildung 12 (oben) auf S. 10), durch welche die absinkenden Niederschlagswasser zur östlichen und westlichen Umfassungsmauer geleitet und von hier ab mittels senkrechter geschlossener Steinzeugrohrleitungen in die obengenannten am Fuße der Behälterwände verlaufende Sickerleitung abgeführt und so unschädlich gemacht werden.

Die Be- und Entlüftung des Behälters erfolgt durch 400 mm im Lichten weite Rohre, die vom Gewölbescheitel bis über die Oberfläche der Behälterüberdeckung reichen und durch betonierte Entlüftungskappen, die je 4, durch Doppelgitter gegen das Eindringen von Fremdkörpern geschützte Ventilationsöffnungen besitzen, abgeschlossen sind. Diese Kappen selbst sind mit gußeisernen Deckeln versehen und dienen so zugleich zur Einführung der Beleuchtungskörper, die in einfacher Konstruktion im Dekkel aufgehängt sind und durch Steck-Kontakte mit der elektrischen Leitung verbunden werden.

Der größte Teil des in Stampfbeton und Eisenbeton hergestellten Behälters steht auf felsigem Untergrund, eine durchgehende Bewehrung der im allgemeinen 40 cm starken Sohle war demnach nicht notwendig. Bei den auf der Nordseite in der Nähe der Schieberkammer aufgetretenen Stellen, an welchen wegen schlechter Beschaffenheit des Untergrundes ein tieferer Aushub erforderlich geworden war, wurden die nötigen Sicherheitsmaßnahmen durch Anordnung von auf Pfeilern ruhenden Gewölben oder auch reinen Erdgewölben (Abbildung 6 in No. 1, Längsschnitt) getroffen.

Ueber die konstruktive Durchbildung des Behälters und über die Eisenbewehrung der Säulen, Unterzüge im Gewölbe geben die Abbildungen 13 a—c auf S. 11 Aufschluß. Die in Eisenbeton hergestellten Dekkengewölbe erhielten an den Kämpfern eine Stärke von 25 cm, in den Scheiteln eine solche von 10 cm. Bei der großen Ausdehnung des Behälters war infolge der verhältnismäßig geringen Abmessungen, besonders im Scheitel eine Standsicherheit der Anlage gegen wagrecht wir-



Abbildung 16. Blick auf den überschütteten Hochbehälter und das Schieberhaus.

kende Kräfte durch die Gewölbe allein nicht als unbedingt vorhanden anzunehmen. Mit Rücksicht hierauf wurden in jeder Säulenflucht besondere Versteifungsrippen aus Eisenbeton angeordnet. Da solche Rippen unterhalb der Gewölbe störend gewirkt hätten, und besonders die Uebersichtlichkeit des Behälters beeinträchtigen mußten, wurden sie oberhalb, also auf den Gewölben, angeordnet.

Bei dem Eisenbetongewölbe der Mittelhalle wird der Gewölbeschub durch verstärkte Gurtgewölbe auf erweiterte Pfeilerwände und von diesen auf die Behältersohle übertragen. Die Abmessungen dieser Pfeilerwände sind derart ermittelt, daß die Bodenpressung 5 kg/cm^2 nicht überschreitet.

Die in No. 1 vorausgeschickten Abbildungen 8—11 lassen den Fortschritt der Betonierung, die Aufstellung der Schalungen und Rüstungen, sowie den Einbau der

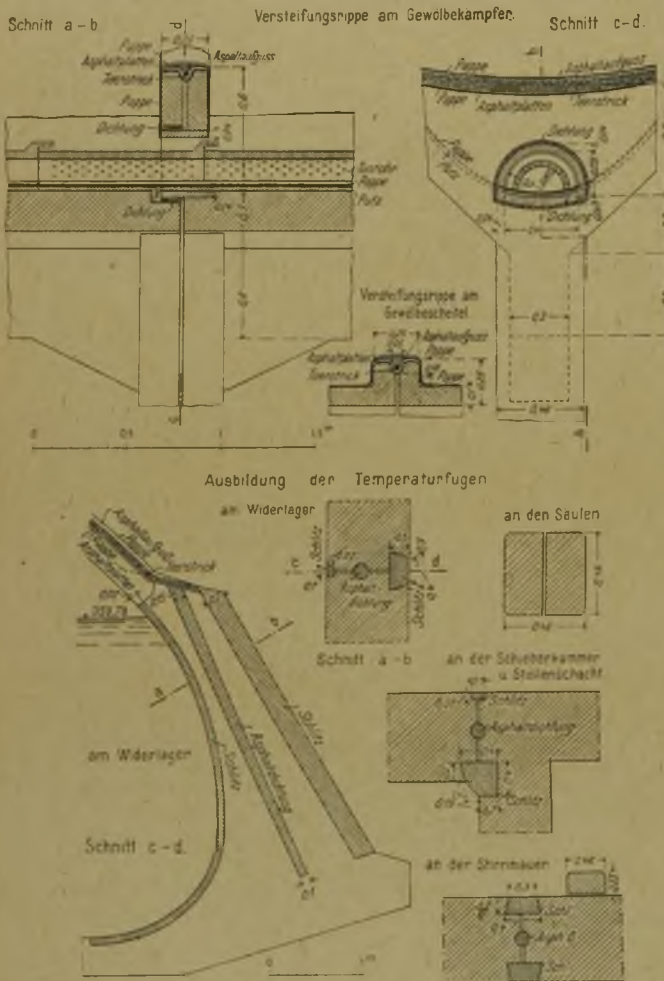


Abbildung 12. Ausbildung der Dehnungsfugen, der Abdichtung und der Entwässerung der Gewölbe und Widerlager.

Eiseneinlagen erkennen. Die Abbildungen 14 und 15 auf S. 13 in dieser Nummer ergänzen das Bild.

Für die Art der Stollenausmauerung war ein Gutachten der städtischen Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genußmittel über die Beschaffenheit des auf der Baustelle aufgetretenen Grundwassers bestimmend, nach welchem letzteres geringe Mengen von Sulfaten enthielt. Die Erfahrungen über die schädliche Einwirkung von sulfathaltigem Wasser auf Beton, welche in Nürnberg an verschiedenen Bauwerken gemacht worden waren, gaben Veranlassung, jedmögliche Vorsorge gegen solche schädliche Einwirkungen zu treffen. Aus der in Abbildung 5 in No. 1 dargestellten Ausführung ist zu ersehen, daß zunächst durch Anlage zahlreicher Sickerschlitze dem Wasser ein unschädlicher Weg gewiesen wurde, dann aber auch noch das in Beton hergestellte Sohlengewölbe vorsorglich mit einem Mantel aus einer doppelten Lage Dachpappe geschützt worden ist. Zu dem aus Hartbrand-Klinkern bestehenden Gewölbe ist ganz fetter Zement-Traß-Mörtel verwendet worden.

Wenn auch das Grund- und Bergwasser durch die oben beschriebenen Sickerleitungen in einer für die Umfassungswände unschädlichen Weise Ableitung gefunden hatte, wurden trotzdem als weitere Sicherheitsmaßnahmen sämtliche Umfassungswände (Stirnmauern und Widerlager) außen mit einem doppelten Preolith-Anstrich versehen. Auf der Südseite war auf die Widerlager außerdem vorerst ein 2 cm starker Verputz aufgebracht worden.

Gegen das Eindringen von Tagwasser durch die Gewölbe wurden diese durchgehends mit einer wasserdichten Abdeckung, bestehend aus 2 Lagen Asphaltisolerpappe mit den erforderlichen Anstrichen geschützt (vergl. Abbildung 12 hierneben).

Bei den großen Ausdehnungen und Massen, die hier in Frage kamen, und im Hinblick auf die durch alle Jahreszeiten sich erstreckende Bauzeit war das Auftreten von Temperaturrissen zu erwarten. Um diese in einer erwünschten und für die spätere Abschließung leicht zugänglichen Form zu bekommen, wurden in der Sohle in jeder Kammer drei auf gleiche Abstände verteilte von Nord nach Süd verlaufende Fugen durch Einlage von Pappstreifen angelegt. Diese Fugen fanden dann an den Widerlagern ihre entsprechende Fortsetzung. Auch in den Stirnwänden und an den Anschlußstellen der Umfassungsmauern der Schieberkammer an die Widerlager wurden solche Fugen ausgespart. Der spätere Verschuß derselben wurde in der aus Abbildung 12 (hierneben) zu ersehenden Weise vorgenommen. Aus technischen Erwägungen mußten die Temperaturfugen in der Sohle so gelegt werden, daß sie in die Mitte der Säulen fielen, um auf diese Weise auch den Unterzügen und Gewölben die Bewegungsmöglichkeit zu bieten. Diese Notwendigkeit führte zu der in der Abbildung 12 (oben) dargestellten besonderen Ausbildung der Abdichtung der Fugen in den Versteifungsrippen der Gewölbe.

Die günstigen Erfahrungen, die seit einer Reihe von Jahren mit der Verwendung von Traß bei größeren Wasserbauwerken gemacht worden waren, wurden bei verschiedenen neueren Ausführungen von Wasserbehältern für die Bereitung des Betons ebenfalls mit verwendet. Als Beispiele seien angeführt die beiden Hochbehälter der Stadt Frankfurt a. M. und der II. Hochbehälter der Stadt Nürnberg. Es war deshalb naheliegend, daß die Firma auch diese Tatsache nicht unbeachtet lassen konnte, umso mehr, als dadurch auch eine Verbilligung in der Ausführung zu erreichen war.

Als Baustoffe kamen nun zur Anwendung: Dolomitschotter aus den Stahl'schen Dolomit- und Kalkwerken Rupprechtstegen; Basaltklein aus der Bayerischen Hartsteinindustrie Würzburg, Brüche bei Maroldswiesach und Marktrechwitz; Quarzsand aus der Umgegend von Nürnberg; Portlandzement von Dyckerhoff & Söhne, Amöneburg; Traß aus der rheinischen Traßindustrie Koblenz, Brüche bei Krufft; hydraulischer Kalk aus den Aeschaffenburg Schwarzkalkwerken.

Die Güte der zur Verwendung gekommenen Bindemittel, Portlandzement, Traß und Kalk, wurde durch fortlaufende, teils auf der Baustelle selbst, teils durch die bayerische Landesgewerbeanstalt in Nürnberg vorgenommene Prüfungen überwacht. Für die Durchführung der letzteren waren maßgebend:

Für Portlandzement: Die „Deutschen Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und von Eisenportlandzement“.

Für Traß: Die „Vorlage des Ausschusses VI des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik“ (mit der Abänderung, daß der Rückstand auf dem 900 Maschen-Sieb nicht mehr als 15 % betragen dürfe und die Festigkeit nach 28 Tagen mindestens 10 kg/cm^2 Zug- und 90 kg/cm^2 Druckfestigkeit besitzen müsse).

Für Kalk: Die „Leitsätze für die einheitliche Prüfung von Kalk“ (mit der Ergänzung, daß der Rückstand auf dem 900 Maschen-Sieb nicht mehr als 10 % betragen dürfe und die Festigkeit nach 28 Tagen mindestens 1 kg/cm^2 für Zug und 9 kg/cm^2 für Druck ergeben soll).

Für die Beschaffenheit von Sand und Schotter galten die in den „allgemeinen Bestimmungen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton“ enthaltenen Vorschriften.

Für die Durchführung, Aufsicht und Prüfung aller Betonierungsarbeiten waren die eben genannten allgemeinen Bestimmungen, sowie die „Bestimmungen für

der Mittelmauer bis 20 cm über dem Scheitel des eiförmigen Ablaufkanales erhielten das Mischungsverhältnis von: 1 Teil Portlandzement, 3 T. Sand, 2 T. Basaltklein, 4 T. Dolomitschotter.

Für die in Eisenbeton ausgeführten Säulen, Unterzüge, Leitwände, Deckengewölbe und Mittelhalle, die Geschoßdecken der Schieberkammer und deren Ge-

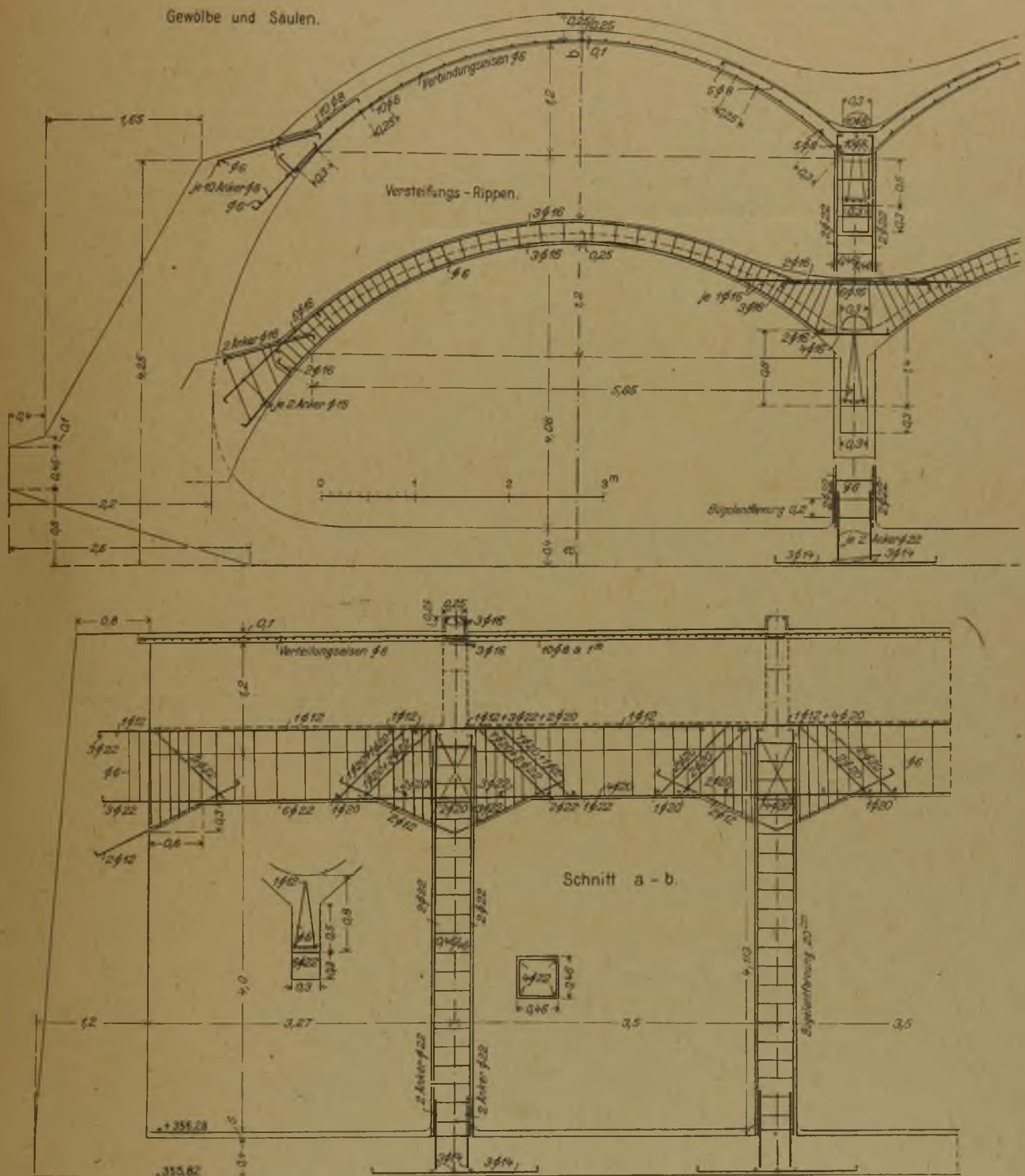


Abbildung 134—c. Einzelheiten der Ausbildung der Säulen, Unterzüge und Gewölbe des Behälters mit ihren Eisenoinlagen.

die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten“ als maßgebend erklärt worden.

Für die in Stampfbeton ausgeführten Bauteile: Sohle, Stirnwände und Gewölbewiderlager des Behälters, sowie Umfassungswände der Schieberkammer und des Stollenschachtes kam folgendes Mischungsverhältnis zur Anwendung: $\frac{2}{3}$ Teile Portlandzement, 1 T. Traß, $\frac{1}{3}$ T. hydraulisches Kalkpulver, $4\frac{1}{2}$ T. Sand, 4 T. Basaltklein 10—25 mm, 4 T. Dolomitschotter 25—50 mm.

Die ebenfalls in Stampfbeton ausgeführten Pfeilerwände beiderseits der Mittelhalle und der untere Teil

wölbekuppel kam das Mischungsverhältnis von: 1 Teil Portlandzement, 3 T. Sand und 3 T. Basaltklein zur Anwendung.

Der wasserdichte Verputz im Inneren des Behälters, bis 15 cm über höchsten Wasserspiegel reichend, ist in einer Mindeststärke von 15 mm nach Latten aufgezogen und mit der Stahlkelle geglättet worden. Das Mischungsverhältnis besteht aus 1 Teil Portlandzement zu $1\frac{1}{2}$ Teilen Sand. Der innere Verputz der Gewölbeuntersichten, der Deckenuntersichten des Stollenschachtes und der Wandflächen der Schieberkammer im Unter-

und Zwischengeschöß ist glatt abgerieben und im Mischungsverhältnis von 1 Teil Portlandzement zu 3 Teilen Sand hergestellt.

Der Schieberkammeraufbau, von dem Abb. 16 auf S. 9 ein Bild gibt, wurde nach einem Entwurf des städtischen Baurates Wallraff ausgeführt.

Zur Vervollständigung des Ueberblickes über die notwendig gewordenen Massen zur Herstellung des Behälters sei noch angeführt, daß erforderlich waren:

- rd. 10 000 ^{cbm} Stampfbeton,
- 3 800 „ Eisenbeton,
- 50 000 ^{qm} Verputz
- und 18 400 „ Gewölbe-Isolierung.

Nach vollständiger Fertigstellung des Behälters wurden sowohl die Wasserkammern als auch die Ka-

näle in der Mittelmauer und der Verbindungsstollen einer je 8 Tage dauernden Prüfung auf Wasserdichtheit unterzogen. Für dieselbe war schon im Voraus als Bedingung festgesetzt, daß der nach Verlauf von 8 Tagen sich ergebende Wasserverlust die durch Verdunstung bedingte Menge nicht übersteigen dürfe. Zu diesem Zweck wurden nach geeigneter scharfer Feststellung des Wasserspiegels auf dem Mittelgang Verdunstungsschalen aufgestellt und hierauf der Behälter verschlossen und versiegelt. Die nach je 8 Tagen vorgenommenen Kontrollmessungen brachten ein vollständig zufriedenstellendes Ergebnis. Es mag hier angefügt sein, daß die Verdunstungshöhe schwankte zwischen 1 und 2 1/2 ^{mm}, entsprechend den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen im Freien. — (Schluß folgt.)

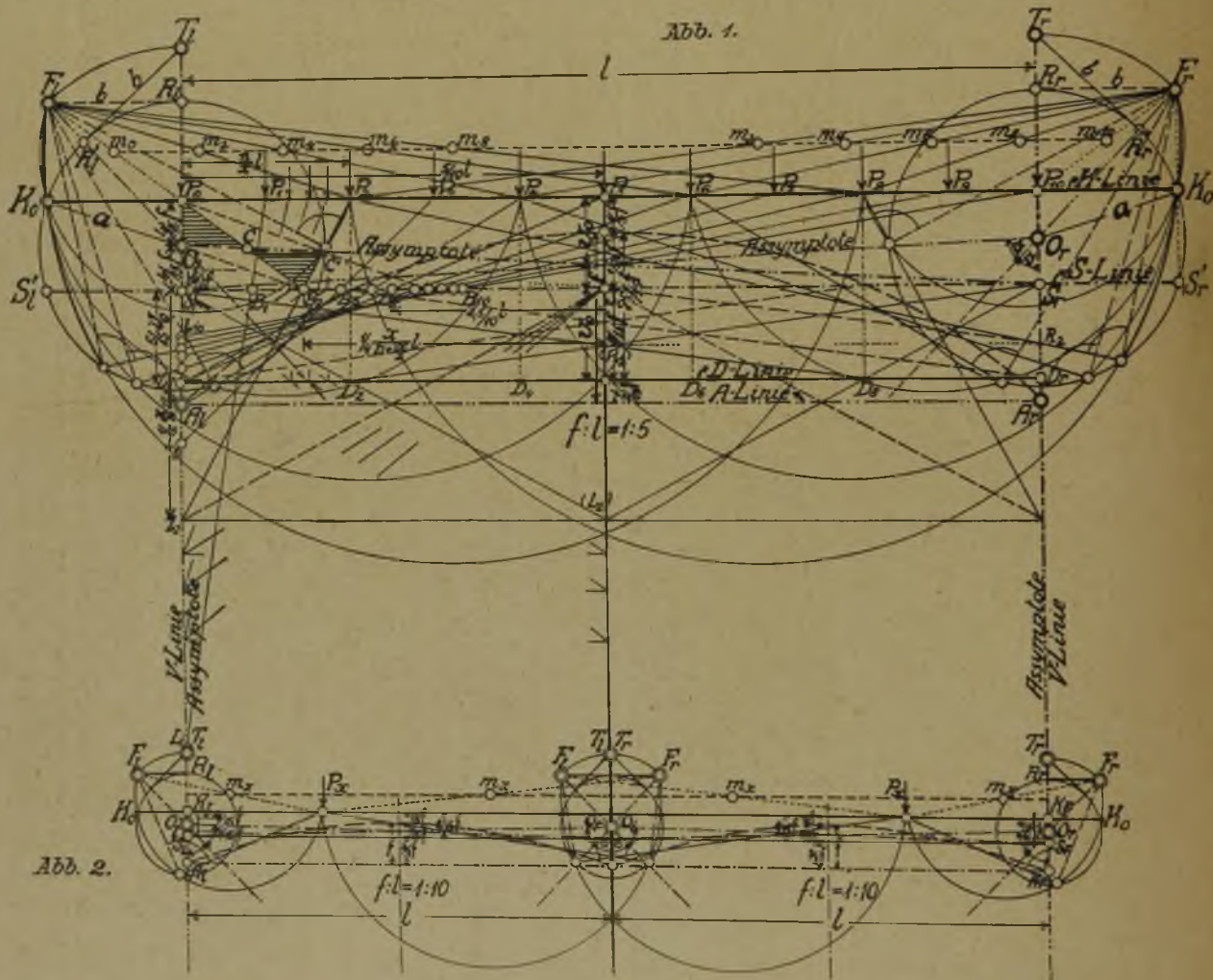
Graphostatische Berechnung elastisch eingespannter Gewölbe mittels Hyperbel-Umhüllungskurven-Zirkels.

Von Dipl.-Ing. Em. Haimo-vici in Leipzig.



nschließend an des Verfassers Abhandlung über Ermittlung der Drucklinie elastisch eingespannter Gewölbe¹⁾ sei nachstehend ein vereinfachtes Verfahren über die zeichnerische Ermittlung der Kämpferdrücke — im Weiteren Reaktionen bezeichnet — für über flach gekrümmte Bogen oder Gewölbe mit parabolischer oder annäh-

liebigier Stellung an, wie des Näheren nachgewiesen werden soll. Die jeweils im Schnittpunkt der äußeren Kräfte mit den beiderseitigen Reaktionen zu ermittelnden Größen der letzteren wie des zugehörigen Horizontalschubes erfolgt am besten zeichnerisch durch Zerlegung erstgenannter Kräfte nach den beiden Reaktionsrichtungen, worauf Einflußlinien, wie Zusammensetzung der einzelnen Reaktionen mittels Kraft- und Seilpolygon zur Gesamtreaktion



ernd parabolischer bzw. kreisbogenförmiger Achse wandernde Einzellasten oder konzentrierte Nutz- u. Eigenlasten erörtert.

Das Verfahren stützt sich auf die Anwendung des Hyperbel-Umhüllungskurven-Zirkels²⁾ mit der bekannten Hyperbel-Eigenschaft:

„Bewegt sich der Scheitel eines rechten Winkels auf einem Kreise vom Halbmesser a derart, daß der eine Schenkel stets durch einen festen Punkt außerhalb dieses Kreises geht — d. i. der eine Brennpunkt der Hyperbel —, dann umhüllt der andere Schenkel eine Hyperbel.“

Die Umhüllungslinien und Tangenten der Hyperbel geben die Lage und Richtung der Reaktionen für über flach gekrümmte Gewölbe wandernde Einzellasten in be-

und die Einzeichnung der Drucklinie für Gesamt- oder Teilbelastung in üblicher Weise erfolgt.

Das neue Verfahren geht von der bekannten und zutreffenden Voraussetzung aus³⁾, daß, für flach gekrümmte

¹⁾ Siehe: „Beton und Eisen“, Heft IX vom September 1907, S. 231 u. f.

²⁾ Siehe: Haimo-vici, Mathematische Zirkel zweiten Grades: Ellipsen-Hyperbel-Parabel und deren Umhüllungskurven-Zirkel, Rundschau für Technik und Wirtschaft, Prag, Heft XIX vom Oktober 1908, S. 376 u. f.

³⁾ Siehe: Landsberg, Beitrag zur Gewölbe-Theorie, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Heft 50 vom November 1901, S. 1765 u. f.

Gewölbe, die Kämpferdrucklinie — d. i. die Verbindungslinie der Schnittpunkte der links- und rechtsseitigen Reaktionen mit den zugehörigen äußeren Kräfte — im Weiteren als *K*-Linie bezeichnet — eine Gerade in $\frac{1}{3}$ der Pfeilhöhe f der Gewölbeachse von der projizierten Spannweite l über deren Scheitel ist und parallel mit der Verbindungslinie beider Kämpferpunkte A_1, A_2 — im Weiteren als *A*-Linie bezeichnet — verläuft. Der Einfachheit halber seien die Kämpferpunkte gleich hochliegend angenommen, sodaß die *K*-Linie eine Wagrechte wird (vergl. Abbildung 1).

Verzeichnet man, nachdem als erste Gerade die *K*-Linie aufgetragen ist, ferner nach Prof. Landsberg eine zweite Gerade S_1, S_2 — im Weiteren die *S*-Linie genannt — in Höhe von $\frac{1}{3}f$ unter dem Scheitelpunkt bzw. $\frac{2}{3}f$ über der *A*-Linie, schließlich eine dritte Gerade D_1, D_2 — im Weiteren als *D*-Linie bezeichnet — in Höhe von $\frac{2}{15}f$ über der *A*-Linie bzw. $\frac{8}{15}f = \frac{2}{3}f$ unter der *S*-Linie, sodaß letztere genau in der Mitte zwischen der *K*- und *D*-Linie zu liegen kommt, so lassen sich die Reaktionen, nach Landsberg, wie folgt aufzeichnen:

Man verlängert die Lotrechte einer Last, z. B. P_1 , bis zu deren Schnittpunkt D_1 mit der *D*-Linie, verbindet diesen mit den Endpunkten S_1, S_2 der *S*-Linie und erhält auf der Lotrechten durch den Scheitelpunkt die Schnittpunkte L_1 bzw. R_1 für die linke bzw. rechte Verbindungslinie, die nach links bzw. rechts auf der Lotrechten durch die Kämpferpunkte — im Ferneren die *V*-Linie genannt — hinüber projiziert, die Durchgangspunkte L_2 bzw. R_2 für die links- bzw. rechtsseitige Reaktion L_1, P_2 bzw. R_1, P_3 ergeben.

Nachstehende Erörterungen für die Ermittlung aller linksseitigen Reaktionen gelten sinn- und naturgemäß angewandt, wegen der symmetrischen Verhältnisse, auch für die rechtsseitigen Reaktionen.

Die Abschnitte S_1, L_2 der Reaktionen auf der *V*-Linie und S_2, B_2 auf der *S*-Linie, sowie die Lastschnittpunkte P_2 oder deren Abstände von P_1 ab auf der *K*-Linie bestimmen die Lage und Richtung der linksseitigen Reaktionen eindeutig. Zur Aufzeichnung letzterer genügen zwei dieser Abschnitte, der dritte Abschnitt dient zur Kontrolle der Richtigkeit der zeichnerischen Ermittlung.

Die nämliche Lage und Richtung der Reaktionen erhält man auf noch einfachere Art, wie auf Grund geometrischer Beziehungen ähnlicher Dreiecke leicht ersichtlich ist. Verlängert man die Lotrechte einer Last, z. B. P_1 , bis zu deren Schnittpunkt mit der *S*-Linie, verbindet diesen mit dem festen Punkt D_1 bzw. D_2 und zieht durch S_1 je eine Parallele zu diesen Verbindungslinien, so schneiden die Parallelen die *V*-Linien in den nämlichen Durchgangspunkten L_2 bzw. R_2 für die links- bzw. rechtsseitige Reaktion L_1, P_2 bzw. R_1, P_3 . In Abbildung 1 ist der Vorgang gestrichelt dargestellt: für die drei Zwischenlasten zwischen P_1 und P_2 sind die Hilfslinien beider Arten der Ermittlung der linksseitigen Reaktionen nur kurz angedeutet.

Hieraus folgt, daß der durch S_1 gehende parallele Strahlenbüschel zum Strahlenbüschel durch D_1 bzw. D_2 auf den *V*-Linien Durchgangspunkte der links- bzw. rechtsseitigen Reaktionen trifft. Die Verbindungslinien dieser Durchgangspunkte mit den zugehörigen Lastschnittpunkten auf der *K*-Linie ergeben die Lage und Richtung der Reaktionen selbst. In Wirklichkeit braucht man alle diese Strahlenbüschel nicht zu ziehen; es genügt vielmehr durch Parallelverschiebung zweier Dreiecke die Abschnitte auf den *V*-Linien anzureißen und nur die Reaktionslinien voll auszuziehen.

Teilt man die *K*-Linie zwischen den *V*-Linien in eine Anzahl gleich großer Teile ein und läßt in den Teilpunkten Lasten angreifen, so stehen die Abschnitte auf den *V*-Linien, von S_1 bzw. S_2 abwärts gemessen und auf der *S*-Linie, von S_1 nach links bzw. nach rechts gemessen, in einem ganz bestimmten Verhältnis zur Größe $v_0 = \frac{2}{15}f$ bzw. zur Spannweite l der Gewölbeachse, wie aus Abbildung 1 auf Grund leicht zu erkennender geometrischer Beziehungen folgt. Bezeichnet x die Anzahl der Lastabschnitte, so ergibt sich:

$$1) P_1 \text{ bis } P_2 = \frac{x}{n} \cdot l \quad \text{als Lastabstand bzw. Angriffspunkt auf der } K\text{-Linie, von } P_1 \text{ nach rechts.}$$

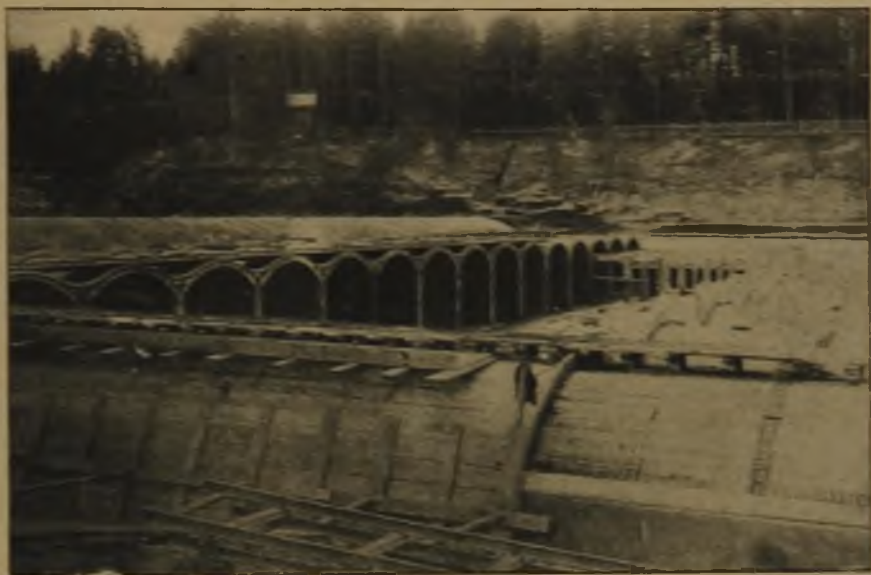


Abbildung 14 u. 15. Einbau der Eiseneinlagen der Gewölbe und Betonierung derselben. Der Hochbehälter III der Wasserversorgung Nürnbergs.

$$2) S_1 \text{ bis } L_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{x}{n} \cdot v_0 \quad \text{als Abschnitt auf der } V\text{-Linie für die linksseitige Reaktion, von } S_1 \text{ nach abwärts.}$$

$$3) S_2 \text{ bis } B_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{x}{n} \cdot l \quad \text{als Abschnitt auf der } S\text{-Linie für die linksseitige Reaktion, von } S_2 \text{ nach links.}$$

Wie bemerkt, genügt einer der beiden Abschnittspunkte, der mit dem Angriffspunkt auf der *K*-Linie verbunden, die Lage und Richtung der linksseitigen Reaktion, zur Kontrolle auch durch den zweiten Abschnittspunkt durchgehend, ergibt. Für Lage und Richtung der rechtsseitigen Reaktionen überträgt man, bei gleichmäßiger Einteilung der Lastabstände, die Abschnitte symmetrisch auf

der V-Linie von S_r abwärts, auf der S-Linie von S_o nach rechts und auf der K-Linie von P_{10} nach links) und verfährt genau wie vor.

Wird z. B. die K-Linie in 10 gleich große Teile eingeteilt, wie in Abbildung 1 gewählt, so sind nach obigen Erörterungen für die linksseitigen Reaktionen:

$$1) P_o \text{ bis } P_x = \frac{0}{10} l, \frac{1}{10} l, \frac{2}{10} l, \frac{3}{10} l, \frac{4}{10} l, \frac{5}{10} l,$$

$$\frac{6}{10} l, \frac{7}{10} l, \frac{8}{10} l, \frac{9}{10} l, \frac{10}{10} l$$

die Lastangriffspunkte auf der K-Linie;

$$2) S_l \text{ bis } L_x = \frac{5}{0} v_o, \frac{5}{1} v_o, \frac{5}{2} v_o, \frac{5}{3} v_o, \frac{5}{4} v_o, \frac{5}{5} v_o,$$

$$\frac{5}{6} v_o, \frac{5}{7} v_o, \frac{5}{8} v_o, \frac{5}{9} v_o, \frac{5}{10} v_o$$

die Abschnitte auf der V-Linie;

$$3) S_o \text{ bis } B_x = \frac{2,5}{5} l, \frac{2,5}{6} l, \frac{2,5}{7} l, \frac{2,5}{8} l, \frac{2,5}{9} l, \frac{2,5}{10} l,$$

$$\frac{2,5}{11} l, \frac{2,5}{12} l, \frac{2,5}{13} l, \frac{2,5}{14} l, \frac{2,5}{15} l$$

die Abschnitte auf der S-Linie.

Die jeweilige Verbindungslinie der Schnittpunkte 1, 2, 3 ergibt die Lage und Richtung der zugehörigen Reaktion. Wird die K-Linie in 16 gleich große Teile eingeteilt, so ergeben sich für die linksseitigen Reaktionen:

$$1) P_o \text{ bis } P_x = \frac{0}{16} l, \frac{1}{16} l, \frac{2}{16} l, \frac{3}{16} l \text{ usw. bis } \frac{16}{16} l$$

als Lastangriffspunkte auf der K-Linie;

$$2) S_l \text{ bis } L_x = \frac{8}{0} v_o, \frac{8}{1} v_o, \frac{8}{2} v_o, \frac{8}{3} v_o \text{ usw. bis } \frac{8}{16} v_o$$

als Abschnitte auf der V-Linie;

$$3) S_o \text{ bis } B_x = \frac{4}{8} l, \frac{4}{9} l, \frac{4}{10} l, \frac{4}{11} l \text{ usw. bis } \frac{4}{24} l$$

als Abschnitte auf der S-Linie.

Wird die K-Linie in 8 gleich große Teile eingeteilt, so sind:

$$1) P_o \text{ bis } P_x = \frac{0}{8} l, \frac{1}{8} l, \frac{2}{8} l, \frac{3}{8} l \text{ usw. bis } \frac{8}{8} l$$

die Lastangriffspunkte auf der K-Linie;

$$2) S_l \text{ bis } L_x = \frac{4}{0} v_o, \frac{4}{1} v_o, \frac{4}{2} v_o, \frac{4}{3} v_o \text{ usw. bis } \frac{4}{8} v_o$$

die Abschnitte auf der V-Linie;

$$3) S_o \text{ bis } B_x = \frac{2}{4} l, \frac{2}{5} l, \frac{2}{6} l, \frac{2}{7} l \text{ usw. bis } \frac{2}{12} l$$

die Abschnitte auf der S-Linie.

Da die Zahlenverhältnisse eine gewisse Gesetzmäßigkeit aufweisen, so lassen sie sich sofort für jede beliebige, aber gleichmäßige Einteilung der K-Linie ermitteln. Die Auswertung dieser Zahlen oder die Auftragung der Abschnitte mit Hilfe eines Teilkreises ergibt ein einfaches Mittel an die Hand, um rasch zum Ziele zu gelangen und die Reaktionen für jede beliebige und gleichmäßige Lasteneinteilung ohne weitere Hilfslinien aufzuzeichnen. Im Grenzfalle ist für eine lotrechte Last über den Kämpferpunkten die Richtung und Lage der Reaktion die V-Linie und für eine Last im Unendlichen die S-Linie.

Halbiert man die Strecke $S_l P_o = v_o = \frac{8}{15} f$ in je $\frac{4}{15} f = O_l S_l = O_l P_l$ und verbindet O_l mit S_r , so ist der Flächeninhalt des Dreiecks

$$\triangle S_l O_l S_r = \frac{2}{15} \cdot f \cdot l.$$

Betrachtet man irgend eine Reaktionslinie, so schließt diese mit der Linie $O_l S_r$ und der V-Linie Dreiecke konstanten Flächeninhaltes ein und zwar im Werte von ebenfalls $\frac{2}{15} \cdot f \cdot l$. Die Richtigkeit dieses Wertes läßt sich geometrisch wie folgt nachweisen. Für die Reaktion $L_2 P_2$ z. B. ist

$$\triangle O_l C' L_2 = \triangle P_o P_2 L_2 - \triangle P_o P_2 O_l C'$$

$$\text{Ferner ist } \triangle P_o P_2 O_l C' = \triangle P_o P_2 B_2$$

$$\text{weil } \triangle P_o O_l B_2 = \triangle C' O_l B_2$$

und zwar aus dem Grunde, daß diese beiden Dreiecke gemeinschaftliche Grundlinie $O_l B_2$ und gleiche Höhe von P_o bzw. von C' aufweisen; sonach sind die beiden schraffierten Dreiecke $P_o C' O_l$ und $C' B_2 O_l$, weil $\triangle O_l C' B_2$ gemeinsam, einander inhaltsgleich. Zieht man nämlich aus P_o eine Parallele zu $O_l B_2$, so trifft sie notwendigerweise die Reaktionsrichtung $L_2 P_2$ in deren Schnittpunkt C' mit der

Verbindungslinie $O_l S_r$ oder die S-Linie im doppelten Abstand $S_l B_2$ von S_l nach rechts, womit wiederum eine Kontrolle für die Lage und Richtung der Reaktionen gewonnen ist. Im Grenzfalle trifft die Parallele aus P_o zu $O_l S_o$ den Punkt S_o . Die S-Linie ist somit, wie bereits bemerkt, die Reaktion für die Last im Unendlichen.

Nach vorstehenden Erörterungen ist mithin:

$$\triangle O_l C' L_2 = \triangle P_o P_2 L_2 - \triangle P_o P_2 B_2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{x} \cdot l \left(\frac{1}{2} \frac{n}{x} v_o + v_o \right) - \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{x} \cdot l \cdot v_o$$

$$= \frac{1}{4} \cdot l \cdot v_o + \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{x} \cdot l \cdot v_o - \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{x} \cdot l \cdot v_o$$

$$= \frac{1}{4} \cdot l \cdot v_o = \frac{1}{4} \cdot l \cdot \frac{8}{15} \cdot f = \frac{2}{15} \cdot f \cdot l$$

Hiernach ist bewiesen, daß die Reaktionslinien mit der lotrechten V-Linie und der Verbindungslinie $O_l S_r$ Dreiecke konstanten Flächeninhalts schließen, diese beiden Linien sind daher nichts anderes als Asymptoten von Hyperbeln; die S-Linie ist, ebenso wie alle übrigen Reaktionslinien, eine Hyperbeltangente, die sonach in S_o halbiert wird; S_o ist daher ein Berührungspunkt der Hyperbel. Die Mitten aller Reaktionsabschnitte zwischen den beiden Asymptoten sind ebenfalls Berührungspunkte der Hyperbel, mithin umhüllen die Reaktionslinien Hyperbeln.

Durch den Punkt S_o und die beiden Asymptoten, als schiefwinklige Koordinatenachsen, sind die Hyperbeläste als Umhüllungskurven der links- bzw. rechtsseitigen Reaktionen eindeutig bestimmt. Mit Hilfe des Punktes S_o und der beiden Asymptoten lassen sich bekanntlich die Hyperbeläste leicht aufzeichnen.

Da jede durch S_o , als einen Hyperbelpunkt, gehende Gerade, die die Asymptoten schneidet, zwischen diesen und der Hyperbel jeweils gleich große Abschnitte einschließt, so werden hierdurch Hyperbelpunkte bestimmt. Auf die Asymptoten, als schiefwinklige Koordinatenachsen bezogen, lautet die Hyperbelgleichung:

$$x' \cdot y' = \frac{1}{4} \cdot (a^2 + b^2),$$

$$\text{wobei } x' = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{2}{15} f\right)^2}$$

und $y' = \frac{2}{15} f$. (Vergl. in Abbildung 1 die punktierte Linie in der Mitte zwischen $S_l O_l$ nach S_o , die die Abszisse x' bzw. deren zugehörige Ordinate y' ergibt).

Ferner ist

$$a = O_l R_l = O_r R_r,$$

$$b = F_l R_l = F_r R_r \text{ bzw. } b = T_l R_l' = T_r R_r',$$

$$O_l F_l = O_l T_l = \sqrt{a^2 + b^2} \text{ bzw. } O_r F_r = O_r T_r = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Mithin ist

$$O_l F_l^2 = a^2 + b^2 = 4 \cdot x' \cdot y' = 4 \cdot \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{2}{15} f\right)^2} \cdot \frac{2}{15} \cdot f$$

oder nach Auswertung, mit hinreichender Genauigkeit, wird:

$$O_l F_l = 0,52 \sqrt{f \cdot l} = O_r F_r,$$

womit die Hyperbelbrennpunkte bestimmt sind.

Halbiert man den Winkel 2α beider Asymptoten und trägt auf der Winkelhalbierenden die Größen $O_l F_l$ bzw. $O_r F_r$ als $0,52 \sqrt{f \cdot l}$ auf, so lassen sich die Größen a und b zeichnerisch genau ermitteln. Man schlägt um O_l bzw. O_r einen Kreisbogen mit dem Halbmesser $0,52 \sqrt{f \cdot l}$ und lotet dessen Schnittpunkt T_l bzw. T_r mit der V-Linie auf die Winkelhalbierende beider Asymptoten, oder man lotet den Punkt F_l bzw. F_r auf die V-Linie, so erhält man die Punkte R_l bzw. R_l und R_r bzw. R_r , mithin den Halbmesser

$$O_l R_l = O_r R_r = a, \text{ ferner ist}$$

$$F_l R_l = F_r R_r = T_l R_l' = T_r R_r' = b, \text{ somit}$$

$$O_l F_l = O_r F_r = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Man kann nun die Winkelhalbierende beider Asymptoten als neue x-Achse, die dazu Senkrechte durch O_l bzw. O_r als neue y-Achse der Hyperbeläste betrachten: der Kreis mit dem Halbmesser a um O_l bzw. O_r als Mittelpunkt tangiert die Hyperbel in deren Scheitel. Mit

Hilfe dieses Kreises und der Brennpunkte F_1 bzw. F_r lassen sich die Reaktionslinien nach Lage und Richtung als Umhüllungslinien der Hyperbel, auf Grund der anfangs ausgesprochenen Hyperbeleigenschaft, rasch und leicht, wie folgt, aufzeichnen:

Schlägt man je einen Halbkreis um die Verbindungslinien der Lastschnittpunkte auf der K -Linie mit dem Brennpunkt, so müssen alle diese Halbkreise, zur Kontrolle der Richtigkeit der Zeichnung, durch den festen Punkt K_0 gehen, als den einen Schnittpunkt mit dem Kreise vom Halbmesser a ; der zweite Schnittpunkt mit diesem Kreise ergibt den zugehörigen Durchgangspunkt der Reaktionslinien. Man verbindet diesen Punkt mit dem Lastschnittpunkt auf der K -Linie und zieht von F_1 bzw. F_r eine Senkrechte auf diese Verbindungslinie, so trifft erstere den nämlichen Durchgangspunkt der Reaktion. Da beide Linien einen rechten Winkel einschließen, dessen Scheitel auf dem Kreise vom Halbmesser a liegt und dessen einer Schenkel durch den festen Brennpunkt geht, so ist der andere Schenkel eine Tangente oder Umhüllungslinie der Hyperbel, mithin zugleich die links- bzw. rechtsseitige Reaktion der gewählten Laststelle.

Umgekehrt ist das Verfahren noch einfacher: Bewegt man einen rechten Winkel mit dessen einem Schenkel stets durch F_1 bzw. F_r gehend, derart, daß der Scheitel auf dem Kreise vom Halbmesser a sich bewegt, so bildet der zweite Schenkel die Reaktionen für Lasten im Schnittpunkte dieses Schenkels mit der K -Linie. Hiernach kann man einen Strahlenbüschel durch F_1 bzw. F_r ziehen, in dessen Schnittpunkten mit dem Kreise vom Halbmesser a man auf die Strahlen Senkrechte errichtet, die Reaktionslinien darstellen, welche mit der K -Linie zum Schnitt gebracht, zugehörige Laststellungen ergeben.

Bemerkt sei noch, daß, als weitere Kontrolle für die Richtigkeit der zeichnerischen Ermittlung der Reaktionen, folgende Bedingungen erfüllt sein müssen: Die Mitten m der Halbkreise um $F_1 P$ bzw. $F_r P$, also der Strahlen aus F_1 bzw. F_r liegen auf der halbierenden Wagrechten der Strecke $R_1 P_0$ bzw. $R_r P_{10}$; ferner liegen die Punkte F_1, K_0, S_1 bzw. F_r, K_0, S_r in einer Geraden parallel zur V -Linie, also lotrecht über einander. Die Asymptoten $O_1 S_r$ bzw. $O_r S_1$ ergeben sich als Hyperbeltangenten für die unendlich fernen Punkte der Hyperbel, wenn man einen Lastschnittpunkt auf der K -Linie im Abstand l nach links bzw. rechts von dem Kämpferpunkt mit F_1 bzw. F_r verbindet, um diese Verbindungslinie einen Halbkreis schlägt, im übrigen wie vor beschrieben verfährt.

Auf diese Weise gelangt man zur Aufzeichnung der Reaktionslinien unter Zuhilfenahme des Hyperbel-Umhüllungskurven-Zirkels, der aus einer T-Schiene (nach Art der Reißschiene) mit oder ohne Halbmesser-Führung besteht; letztenfalls muß der durch den Brennpunkt gehende Schenkel passend geschlitzt oder mit einer Nut versehen sein. Durch Einsetzen eines im Schienenschlitz bzw. in deren Nut sorgfältig mit geringem Spielraum passendem Stiftes in den Brennpunkten F_1 bzw. F_r bewegt man die T-Schiene wie vor beschrieben, derart, daß die im Scheitel des äußeren rechten Winkels angebrachte Strichmarke auf dem Kreise vom Halbmesser a sich bewegt, und zieht am zweiten Schenkel in Blei die Linie als Reaktion der im Schnittpunkt derselben mit der K -Linie zugehörigen Laststelle (Vergl. Abbildung 3 Hyperbel-Umhüllungs-Lineal ohne Halbmesser-Führung bzw. Abbildung 3a. Hyperbel-Umhüllungs-Zirkel mit Halbmesser-Führung). Die nähere Beschreibung des Umhüllungs-Zirkels findet sich in der unter Fußnote²⁾ erwähnten Abhandlung des Verfassers.

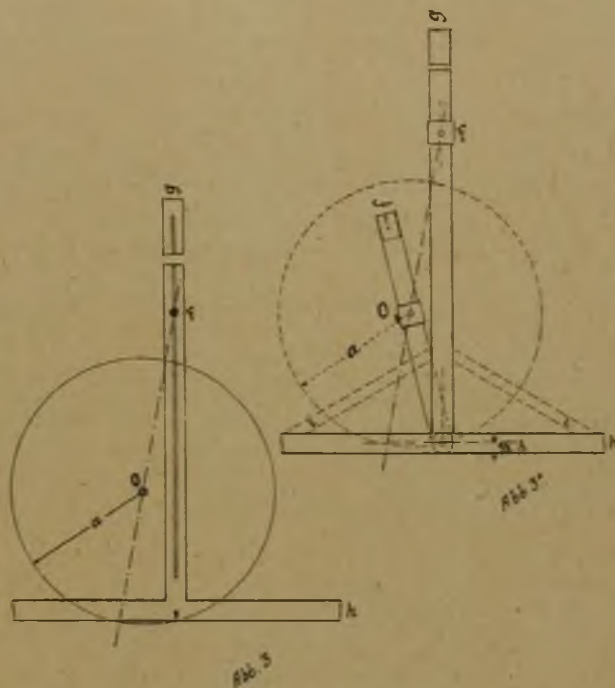
Der Gang der graphostatischen Berechnung gestaltet sich daher, wie in Abbildung 2 dargestellt, nunmehr kurz wie folgt:

a) Aufzeichnen der Gewölbeachse;

Vermischtes.

Die unmittelbare Dimensionierung von Plattenbalken mit $x > d$. Im Anschluß an die dankenswerte Arbeit des Hrn. Ing. Paul Grumblat (Kattowitz) — vergl. No. 14 der „Mitteilungen“ vom 26. Juli 1919 — erlaube ich mir anzuregen, die für $z = a - h$ entwickelten Gleichungen durch die nachfolgend angegebenen linearen Näherungsgleichungen zu ersetzen (Siehe Tabelle). Diese Näherungsgleichungen weisen innerhalb der Grenzen ihrer praktischen Verwertung einen Fehler für z von weniger als $\pm 0,6\%$ auf. Die Wahl der Näherungsgleichungen erfolgte derart, daß im ungünstigsten Falle ein Fehler von $+1,2\%$ entsteht, d. h. daß $z = h - a$ im ungünstigsten Falle um $1,2\%$

- b) Auftragen der K -Linie in $\frac{1}{3}f$ über und der S -Linie in $\frac{1}{3}f$ unter dem Scheitel der Gewölbeachse;
- c) Halbieren der Strecke $S_1 K_1$ in O_1 bzw. $S_r K_r$ in O_r und Halbieren des Winkels $S_1 O_1 S_r$ bzw. $S_r O_r S_1$ in O_1 bzw. O_r ; Verzeichnendieser Winkelhalbierenden;
- d) Auftragen der Strecke $O_1 F_1 = O_r F_r = 0,52 \sqrt{f \cdot l}$ und damit des Kreises vom Halbmesser a .



Alle übrigen Hilfslinien sind völlig überflüssig. Die Ermittlung der Lage und Richtung der links- bzw. rechtsseitigen Reaktionen kann nun entweder mit Hilfe des Strahlenbüschels aus F_1 bzw. F_r und der zugehörigen Senkrechten in den Schnittpunkten mit dem Kreise vom Halbmesser a , oder mit Hilfe des Hyperbel-Umhüllungs-Lineals bzw. Zirkels erfolgen, der für jede beliebige Laststelle sofort die Lage und Richtung der zugehörigen links- bzw. rechtsseitigen Reaktionen aufzuzeichnen gestattet.

Für die Ermittlung der nach den Regeln für zusammengesetzte Festigkeit (Biegung und Achsialdruck bzw. für exzentrische Belastung) zu errechnenden Beanspruchungen in verschiedenen Schnittstellen eines Gewölbes sei allgemein Folgendes bemerkt:

Jede Reaktion, die oberhalb des oberen Kernpunktes einer Schnittstelle durchgeht, erzeugt in deren Oberfaser Druck, in deren Unterfaser Zug.

Jede Reaktion, die unterhalb des unteren Kernpunktes einer Schnittstelle durchgeht, erzeugt in deren Unterfaser Druck, in deren Oberfaser Zug.

Jede Reaktion, die zwischen beiden Kernpunkten einer Schnittstelle durchgeht, erzeugt sowohl in deren Ober- wie Unterfaser Druck; geht die Reaktion gerade durch den oberen bzw. unteren Kernpunkt einer Schnittstelle, so erzeugt sie in deren Ober- bzw. Unterfaser Druck, in deren Unter- bzw. Oberfaser die Spannung Null.

Zwischen der parabolischen oder flachgekrümmten Gewölbeform und deren Reaktionen lassen sich noch eine Reihe Beziehungen ableiten, ebenso wie für andere Gewölbeformen, für die allerdings die Lage und Form der K -Linie durch analoge Formeln abgeleitet werden muß; wegen Raummangels sei jedoch hierauf derzeit nicht eingegangen. —

zu groß gefunden wird. Der Fehler ist für den Entwurf belanglos und gewährleistet, daß die gewählten Spannungen niemals überschritten werden. Die unten angeführten Näherungsgleichungen geben außerdem dem Grundgedanken der Grumblat'schen Veröffentlichung — „eine schnelle Berechnung des Plattenbalkens auch mit Rücksicht auf die Schubkräfte zu ermöglichen“ — weiteren Raum, da nun r unter Umgehung der Berechnung von z sofort aus m gefunden werden kann, wie hierunter kurz angedeutet.

Für $\sigma_b/\sigma_r = 40/1200$ und $d = 12$ wird z. B.

$$r = \frac{1,064 m + 5,2}{0,266 m^2 + 19,3 m}$$

$$m = \frac{10 M \text{ (mkg)}}{b \cdot d \text{ (cm)}}$$

$\sigma_b/\sigma_e =$	$s =$	$z = h - a \text{ (cm)}$								$r =$
		$d = 8 \text{ cm}$	$d = 9 \text{ cm}$	$d = 10 \text{ cm}$	$d = 12 \text{ cm}$	$d = 14 \text{ cm}$	$d = 16 \text{ cm}$	$d = 18 \text{ cm}$	$d = 20 \text{ cm}$	
40/1200	1/3	0,263 m + 13,1	0,264 m + 14,7	0,265 m + 16,2	0,266 m + 19,3	0,267 m + 22,4	0,268 m + 25,4	0,269 m + 28,5	0,270 m + 31,5	4 z - 6 d m z
35/1200	7/23	0,298 m + 14,3	0,299 m + 16,0	0,300 m + 17,7	0,302 m + 21,0	0,303 m + 24,4	0,304 m + 27,7	0,305 m + 31,0	0,306 m + 34,3	3,5 z - 5,75 d m z
30/1200	3/11	0,347 m + 15,7	0,348 m + 17,6	0,349 m + 19,5	0,351 m + 23,2	0,352 m + 27,0	0,353 m + 30,7	0,354 m + 34,4	0,355 m + 38,1	3 z - 5,5 d m z
25/1200	5/21	0,415 m + 17,8	0,415 m + 20,1	0,416 m + 22,2	0,417 m + 26,5	0,418 m + 30,8	0,419 m + 35,1	0,420 m + 39,4	0,421 m + 43,7	2,5 z - 5,25 d m z
30/1000	9/29	0,347 m + 14,1	0,348 m + 15,8	0,349 m + 17,5	0,351 m + 20,8	0,353 m + 24,0	0,355 m + 27,2	0,357 m + 30,4	0,359 m + 33,5	3 z - 4,83 d m z

Wird $m = 210$ eingesetzt (vergl. das von Grumblat angeführte Beispiel) so findet man $r = 0,01452$.

Arch. Aug. D ü n g e s, Frankfurt a. M.

Literatur.

Deutscher Ausschuß für Eisenbeton, Heft 46. Belastung und Feuerbeanspruchung eines Lagerhauses aus Eisenbeton in Wetzlar. Bericht nach Versuchen des staatl. Mat.-Prüf.-Amtes in Berlin-Dahlem, erstattet von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. Gary, Abt.-Vorst. des Amtes. 8°, 46 S. Text mit zahlreichen Abbildungen, Diagrammen und Tabellen. Berlin 1920. Verlag Wilh. Ernst & Sohn. Pr. geh. 16 M. —

Von dem Ausschuß ist die sich verhältnismäßig selten bietende Gelegenheit benutzt worden, einen zum Abbruch bestimmten Eisenbetonbau unter starker Belastung und Feuerbeanspruchung auf seine Formänderungen und seine Widerstandsfähigkeit zu untersuchen. Es handelt sich um einen 10 Jahre alten Modellschuppen der Buderus'schen Eisenwerke in Wetzlar, der leider in seiner konstruktiven Durchbildung im Einzelnen und, wie bei späterer Blosslegung der Eiseneinlagen festgestellt wurde, auch hinsichtlich der Anordnung dieser, nicht den üblichen Bedingungen und Anforderungen entspricht, sodaß ein rechnermäßiger Vergleich mit den beobachteten Formänderungen keine weitergehenden Beschlüsse gestatten würde. Immerhin haben aber die durchgeführten Versuche trotz der Fehler der Ausführung, trotz einer während der Versuche herrschenden, ungünstig niedrigen Temperatur und trotz übertrieben hoher Belastung, die bis auf das 4-fache der Nutzlast gesteigert wurde (eine weitere Steigerung ließ Setzungen der Fundamente erwarten, die in das Formänderungsbild Unklarheiten gebracht hätten) wieder den Beweis geliefert, daß die Elastizität und Sicherheit derartiger Bauwerke viel größer ist, als die amtlich vorgeschriebene Rechnung ergibt.

Es handelt sich um einen 3-geschossigen Bau von rd. 20 : 17,5 m Grundfläche mit Ziegelwänden und Stützenteilung nach beiden Richtungen von 5 m. Außer den über die Stützen gestreckten Unterzügen waren noch Balken in Feldmitte parallel zur Schmalseite vorhanden. Die Platten sind ohne die üblichen Vouten über die Balken und Unterzüge gestreckt, auch fehlen durchweg die zur Aufnahme der negativen Momente erforderlichen Eisen.

Belastet wurde ein mittleres Feld und es wurden dabei die Durchbiegungen der Platten an verschiedenen Stellen und die Verbiegungen und Zusammendrückungen der exzentrisch beanspruchten Stützen beobachtet. Die Nutzlast der obersten Decke war nach der statischen Berechnung mit 500 kg/qm vorgesehen, die tatsächlich aufgebrachte Feldlast wurde bis 53 430 kg, also das 4,3-fache gesteigert. Die ersten Ribbildungen traten erst bei 30 000 kg Auflast ein, was dem 2,4-fachen der Nutzlast und dem 1,6-fachen der nach den Bestimmungen bei Probelastungen aufzubringenden Nutzlast entspricht. Die Risse sind hier aber nicht in Platten- und Balkenmitte aufgetreten, sondern an der Stützenswand in der Unterseite der Platten, was auf die unsachgemäße Bewehrung zurückzuführen ist. Daß andererseits die Platten an den Balkenauflagern nicht bald Risse infolge des Fehlens der Trageisen zur Aufnahme der negativen Momente erhielten, führt der Gutachter Dr.-Ing. M. Koenen darauf zurück, daß sich auch die Balken unter der Last durchbogen, sodaß die negativen Momente nicht entsprechend zur Wirkung gelangen konnten. Trotz der Mängel der Unterzüge verursachte der starke Zusammenhang der Konstruktion an den ebenfalls unsachgemäß bewehrten starken Säulen Durchbiegungen und Kantenrisse. Mit demselben Aufwand an Eisen wäre bei sachgemäßer Verteilung derselben eine noch wesentlich steifere Konstruktion zu erzielen gewesen. Auch so zeigte sie, da die Durchbiegungen

mit der gleichmäßigen Steigerung und Verringerung der Last gleichmäßig zu- und abnahmen, daß die Spannungen sich wie die Durchbiegungen bzw. Dehnungen verhielten. Das Bauwerk zeigte auch sonst ein deutlich erkennbares elastisches Verhalten, die feinen Risse schlossen sich nach der Entlastung wieder und hatten auf den Bestand des Bauwerkes keine nachteiligen Folgen.

Bei der Brandprobe an der noch unter der Last stehenden Konstruktion, bei der unter der Decke Hitzegrade bis 1000° C. festgestellt wurden, zeigte sich natürlich ein Fortschritt der Ribbildung, ausstrahlend von dem belasteten Feld, aber auch hierdurch wurde der Zusammenhang der Konstruktion nicht gestört, die sogar noch eine Steigerung der Last bis 74 000 kg aushielt und in ihrer Tragfähigkeit nicht einbüßte. Die Durchbiegungen der Decke schritten zwar fort, gingen nach Entlastung aber wieder vollkommen zurück.

Abgesehen von den Rissen hatte die Konstruktion auch in unmittelbarer Nähe des belasteten und durch Feuer beanspruchten Deckenfeldes äußerlich kaum Einbuße erlitten. Also auch in diesem Fall hat der Eisenbeton wieder seine weitgehende Feuersicherheit erwiesen. Außerdem wurden vergleichende Festigkeitsversuche mit gleichwertigen Eiseneinlagen aus vom Feuer beanspruchten und nicht davon getroffenen Deckenteilen angestellt. Es ergab sich nur eine geringfügige Herabsetzung der Festigkeit bei größerer Dehnung für die Eisen, die der Einwirkung des Feuers im Beton ausgesetzt wurden.

Der Deckenbeton, dessen Bindemittel Eisenportlandzement war, während die Zuschläge aus Quarzsand und Basaltstein Schlag bestanden, zeigt nach der Untersuchung ein berechnetes Mischungsverhältnis von etwa 1 : 4 Gewichtsteilen, etwa 1 : 3,4 Raumteilen, sodaß das ursprünglich vorgesehene Mischungsverhältnis jedenfalls vorhanden war. Aus der Mitte der Unterzüge herausgeschnittene Würfel von 25 cm Kantenlänge ergaben i. M. eine Druckfestigkeit von 428 kg/qcm bei guter Übereinstimmung der Einzelwerte der Versuchskörper. Die erreichte Festigkeit ist also eine gute. (Bei Kiesbeton 1 : 4 hätte man nach 28 Tagen 290 kg/qcm erwarten dürfen.) Würfel von etwa 15 cm Kantenlänge aus der Deckenplatte ergaben im Mittel 338 kg/qcm (bei Kiesbeton 1 : 5 nach 28 Tagen waren 230 kg/qcm zu erwarten). —

Statische Tabellen, Belastungsangaben und Formeln zur Aufstellung von Berechnungen für Baukonstruktionen. Gesammelt und berechnet von Franz Boerner, Berat. Ing. 7. Aufl. kl. 8°, 307 S. Text mit 367 Textabb. Berlin 1920. Verlag Wilh. Ernst & Sohn. Pr. geh. 20 M. —

Die bekannten, sehr brauchbaren Tabellen zur Ersparung zeitraubender Nebenrechnungen sind nach den neuen Belastungs- und Beanspruchungsvorschriften vom 24. 12. 1919 in den betr. Abschnitten ganz ungearbeitet, im übrigen durchgesehen und nach mancher Richtung hin noch verbessert, wobei jedoch der frühere Charakter beibehalten ist. —

Inhalt: Der Hochbehälter III der Wasserversorgung Nürnbergs. (Fortsetzung.) — Graphostatische Berechnung elastisch eingespannter Gewölbe mittels Hyperbel-Umhüllungskurven-Zirkels. — Vermischtes. — Literatur. —

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