

**DEUTSCHE
 BAUZEITUNG**
 MITTEILUNGEN ÜBER ZEMENT,
 BETON- UND EISENBETONBAU
 * * * * *
 UNTER MITWIRKUNG DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-
 CEMENT-FABRIKANTEN UND DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS

No. 19.

VIII. JAHRGANG 1911.

Das Betonhaus auf der Ostdeutschen Ausstellung zu Posen.

Verfasser: Reg.-Bmstr. J. Vonderlinn und Architekt d'Hargues in Posen. Hierzu die Abbildungen S. 149.



uf der Ostdeutschen Ausstellung für Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft, welche den allgemeinen Beifall aller Fachkreise in ganz Deutschland gefunden hat und nunmehr ihre Pforten schließt, haben sich nur sehr wenige Vertreter der Ostdeutschen Eisenbeton-Industrie bemüht,

die allgemeine Aufmerksamkeit auf ihre Bauweise zu lenken. Jedoch war die Ostdeutsche Ausstellung in der Lage, den Fachleuten ein Bauwerk vor Augen zu führen, bei welchem sie die mannigfache Verwendungsweise und Zweckmäßigkeit der Eisenbeton-Konstruktionen kennen lernen konnten; es ist dies das Betonhaus im Botanischen Garten, welches im Nachstehenden kurz beschrieben werden soll.

In der Form eines breit gelagerten Hallenbaues auf einem mit Blumen reich geschmückten Platz im Botanischen Garten ist das Gebäude errichtet, dessen Ansicht Abbildung 1 wiedergibt. Bei der Ausbildung der gesamten Gruppierung wie bei den Einzelheiten der Formen war neben dem Zweck des Gebäudes für den Architekten das Material maßgebend und bestimmend.

Grundrißanordnung und Aufbau geht aus den Abb. 2 bis 5 auf I. S. hervor. Der 25 m lange Mittelbau mit seinem durch zwei Geschosse gehenden großen Saal wird links und rechts eingeschlos-

sen von zwei vorspringenden ebenfalls zweigeschossigen Seitenflügeln von 9 m Breite und 20 m Tiefe. Beide verbindet die von Säulen getragene Halle. Die beiden Haupteingänge liegen in den beiden Seitenflügeln. Man kommt durch den linken Zugang in die 74 qm große Gaststube mit zwei lauschigen Kneipkojen. Die Decke dieses Raumes läßt die Unterzugs-Konstruktion mit in Kassetten aufgeteilten Zwischenfeldern sichtbar, sodaß bei der Höhe von 5,3 m

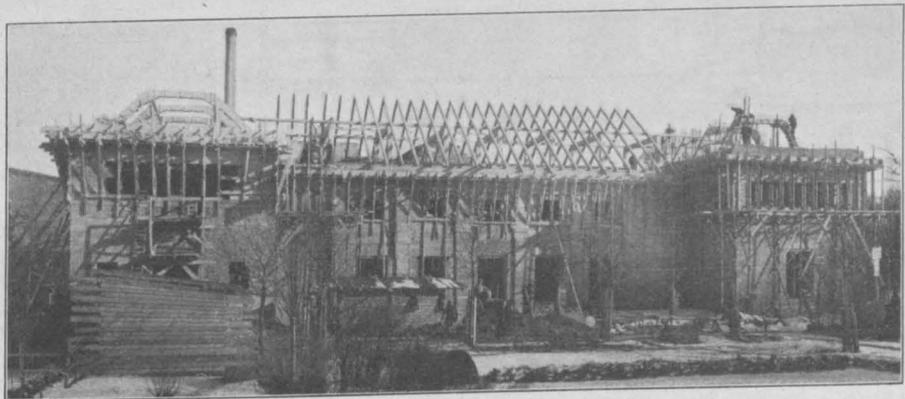


Abbildung 9. Das Betonhaus während der Ausführung.

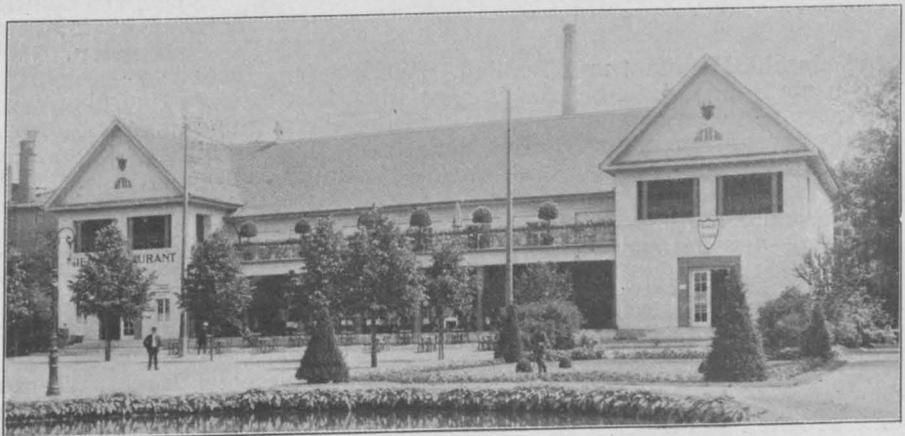


Abbildung 1. Ansicht der Hauptfront des fertigen Betonhauses.

einereiche Deckengliederung entstand. (Abb. 6, S. 149). Hinter der Gaststube liegt die Küche mit Vorratsraum; weitere Vorratsräume sind im Keller darunter. Das übrige Gebäude ist nicht unterkellert. Von der Gaststube und Küche gelangt man zum Treppenhaus. Das Obergeschoß besteht aus einer Dreizimmer-Wohnung mit Küche, Speisekammer und Bad.

Die Decke über dieser Wohnung hat eine ebene Unterricht, da die Eisenbetonbalken hier nach dem Dachbodenraum zu ausgebildet und mit der Dachkonstruktion in Verbindung gebracht sind. Vor der Wohnung nach der Gartenseite liegt eine große Loggia, die durch ein paar Stufen abwärts mit der Hauptterrasse verbunden ist. Eine halb gewendelte Treppe führt von dieser zur großen Halle im Erdgeschoß. Auch die Treppen sind ganz in Eisenbeton freitragend

ruht die Dachlast auf. Um die Binder in wirkungsvoller Weise von den Deckenfeldern abzuheben, ist zu dem Beton der Deckenfelder ein Zusatz von Schlacke genommen, während der Beton der Binder aus reinem Kiesbeton besteht. Die Paneele bestehen aus Vorsatzbeton mit Granitzusatz. Sämtliche Innenflächen sind steinmetzmäßig bearbeitet und in die Binder sind Plaketten eingemeißelt, welche später mit Gold abgesetzt wurden; desgleichen haben die Deckenfelder und Paneele eine geschmackvolle Malerei erhalten, jedoch so, daß der Betoncharakter hierdurch nicht verloren ging. Der Fußboden ist als Stabfußboden in Asphalt auf einer 10 cm starken Unterbetonschicht hergestellt. Vom großen Saal gelangt man nach rechts zum kleinen Saal, der 8 m breit, 15 m lang und 7 m hoch ist. Die Decke ist hier eine reich

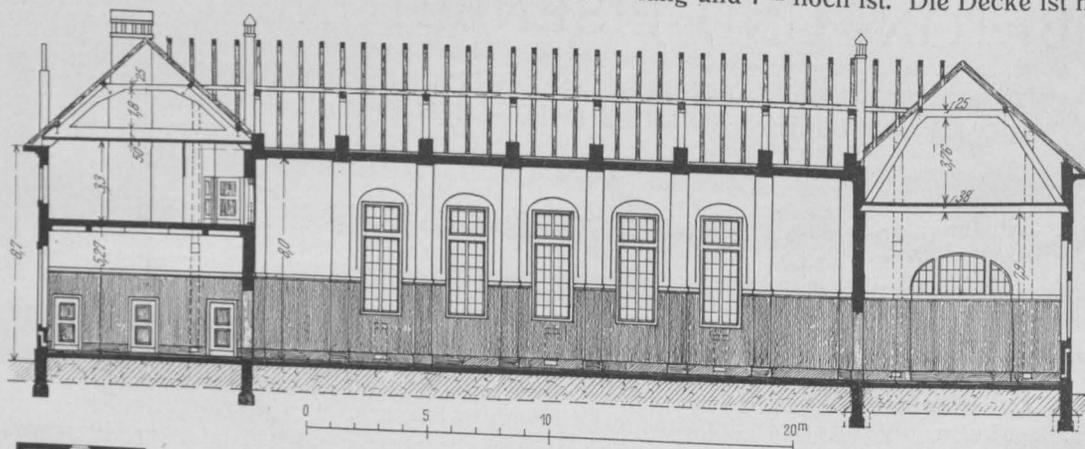
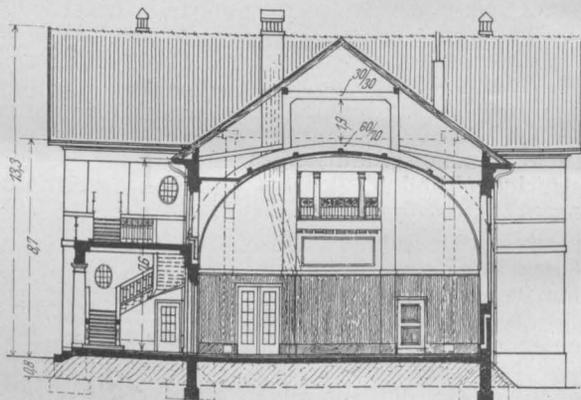
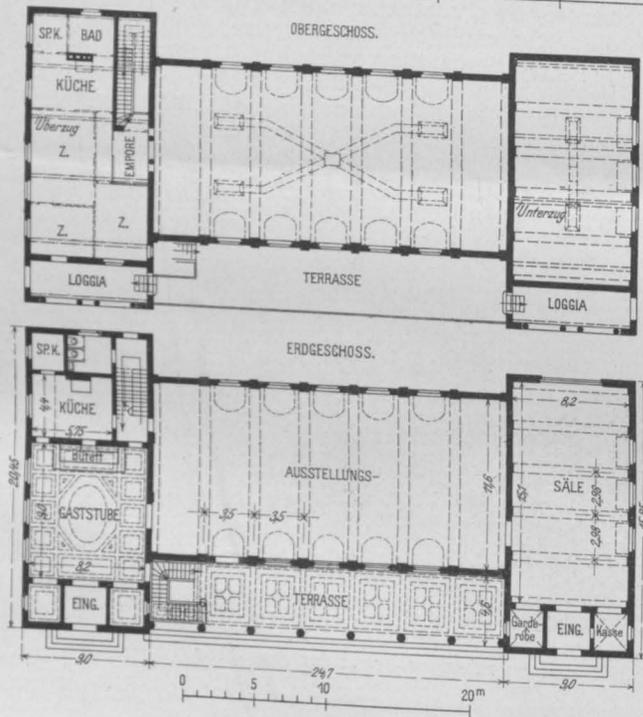


Abbildung. 2—5. Grundrisse, Längs- und Querschnitt des Betonhauses auf der „Ostdeutschen Ausstellung“ zu Posen 1911.



verzierte Balkendecke; die Eisenbeton-Balken sind mit Gips umkleidet und reich mit Gold und Braun bemalt (Abbildung 8, Seite 149). Unter den Balken befinden sich Konsolen mit figürlichem Schmuck. Ein Stuckries zieht sich an den Längsseiten hin. Die Wände sind bis unter den Fries mit einem einfachen ruhigen Muster schabloniert. Das Paneel ist in grauer Farbe mit rautenförmigen Bändern abgesetzt. Der Fußboden ist in Miroment naturfarben hergestellt mit eingelegten grünen farbigen Bändern auf 10 cm starkem Unterbeton. Auch die Binder der Dächer sind in

Eisenbeton-Konstruktion ausgeführt und zu diesem Zweck sind über den beiden Seitenflügeln trapezförmige Rahmenbinder angeordnet (vergl. die Schnitte Abbildung 4 und 5), während die Dachkonstruktion über dem Mittelbau durch Rechtecks-Rahmen aufgenommen wird. Auf diesen Bindern ruhen nun die hölzernen Sparren und Pfetten auf.

Die wohlgelungene Konstruktionsart ergibt einen großen freien Dachraum, der die Unterbringung der notwendigen Dachbodenräume in beliebiger Größe zuläßt. Das Dach ist ein mit Biberschwänzen eingedecktes Doppeldach. Das ganze Gebäude ist mit einer Zentral-Warmwasserheizung versehen.

Das zur Verwendung gelangte Baumaterial besteht mit Ausnahme der Dachsparren, Dachpfetten, sowie der Dacheindeckung hauptsächlich aus Stampf-

gend einschl. Handlauf und Traillen. Acht Säulen tragen die Hallendecke, bei der es ebenfalls infolge der Eisenbetonkonstruktion nahelag, eine Kassetten-teilung vorzunehmen, sodaß ohne verhältnismäßig größere Kosten ein reicher architektonischer Schmuck erzielt wurde (Abbildung 7, S. 149).

Diese offene Halle bildet den Vorraum zum großen Saal, der mit seiner Länge von 25 m, seiner Breite von 12 m und seiner Höhe von 8 m ein gutes Verhältnis in seinen Abmessungen hat. Bei diesem Raum kommt so recht die mannigfache Verwendungsmöglichkeit der Eisenbeton-Bauweise in gut gelöster Weise zur Geltung. Eine große Tonne überspannt den ganzen Saal, an den Fenstern von Stiechkappen unterbrochen und durch acht gewölbte Rahmenbinder in sieben Deckenfelder eingeteilt. Auf den Bin-

beton und Eisenbeton, woraus sich die äußere Formgebung entwickeln mußte. Es ist an diesem Gebäude leicht zu sehen, daß hier die jetzige Bewegung, die Bauwerke ohne irgend welche täuschende Motive so erscheinen zu lassen, wie sie wirklich sind, durch einen Führer dieser Bewegung zum Ausdruck gebracht

ist. Jede Nachahmung eines anderen Materiales ist hier vermieden. Trotzdem bietet das Bauwerk, das sich mit seinem langen Mittelbau, den mit Giebeln bekrönten Seitenflügeln und der von Säulen getragene Terrasse der schönen Umgebung würdig anpaßt, ein ansprechendes Äußere. — (Schluß folgt.)

Bauausführungen mit Vorsatzbeton.*)

Verfasser: Reg.-Bmstr. Kutschke in Charlottenburg. (Schluß.) Hierzu die Abbildungen Seite 148.

2. Die Brücke an der Rennbahn im Grunewald.



er Bau der Döberitzer Heerstraße hatte die Anlegung der Rennbahn im Grunewald und den Ausbau des dritten und vierten Gleises der Vorortbahn von Charlottenburg nach Spandau im Gefolge. Bei der Ausführung der Kunstbauten für diese Eisenbahn, die hohe Aufschüttungen und tiefe Einschnitte erforderlich machte, fand bei den Brücken vielfach der Vorsatzbeton für

grus und Steinmehl von Rüdersdorfer Kalkstein und aus Quarzsand. Er wurde in einer Stärke von 4—5 cm gleichzeitig mit dem Eisenbeton hochgeführt, wobei Vorsatzbleche Verwendung fanden, die dem Baufortschritt folgend hochgezogen wurden. Der Vorsatzbeton wurde etwas feuchter angemacht als der Eisenbeton, und es wurde vor allem dafür gesorgt, daß er zwischen der Schalung und den Vorsatzblechen gut durchgearbeitet wurde.

Während der Bauausführung, die im Herbst 1908 geschah, herrschte meist schlechtes Wetter, wobei auch Schneefälle und Fröste vorkamen. Infolgedessen muß-

die Verblendung Anwendung, wobei auch größere Versuche mit farbigem Vorsatzbeton gemacht wurden. Während im allgemeinen die Ueberbauten der Brücken aus Eisen bestehen, wurde für die Brücke im Zuge der Straße 10, welche von der Döberitzer Heerstraße zur Rennbahn Grunewald führt, und an welcher der neue Bahnhof „Rennbahn“ liegt, eine Ausführung in Eisenbeton gewählt.

Die Brücke hat zwei Seitenöffnungen von je 5 m Lichtweite für je ein Gleis und eine Mittelöffnung von 7,7 m Lichtweite, welche der Breite des an die Brücke stoßenden Bahnsteiges entspricht (Abbildg. 13). Demgemäß ist für den Ueberbau ein Plattenbalken auf 4 Stützen gewählt worden, der in der Längsachse der Brücke wegen ihrer bedeutenden Breite von 36 m zwischen den Geländern eine durchgehende Fuge erhalten hat. Die Endwiderlager sind als stehende Plattenbalken und die Mittelunterstützungen als durchgehende Portale ausgebildet; bei allen ist die Fuge in der Längsachse durchgeführt. Während diese Bauteile aus Eisenbeton bestehen, wurden die Sockel für Mittelunterstützungen zum Schutze gegen etwaige Zugentgleisungen durchlaufend aus Stampfbeton ausgeführt. Die Flügelmauern, welche von der Brücke durch Fugen getrennt sind, wurden den Endwiderlagern entsprechend in aufgelöster Eisenbeton-Konstruktion hergestellt.

Die statische Berechnung aller Bauteile aus Eisenbeton mußte sowohl den ministeriellen Bestimmungen vom Mai 1907, als auch den Bestimmungen der Eisenbahndirektion Berlin genügen, weil diese den Betrieb der Eisenbahn zu leiten hat und deshalb auch die Berechnung genehmigen mußte. Infolgedessen sind die Eiseneinlagen reichlich stark ausgefallen. Das Mischungsverhältnis des Eisenbetons betrug 1 Teil Zement zu 4 Teilen Kiessand.

Die Verblendung der Ansichtsflächen des Bauwerkes erfolgte vollständig in Vorsatzbeton, während die sichtbaren Innenflächen geputzt oder geschlemmt wurden. Der Vorsatzbeton bestand bei einem Mischungsverhältnis von etwa 1:3 aus Zement, Stein-

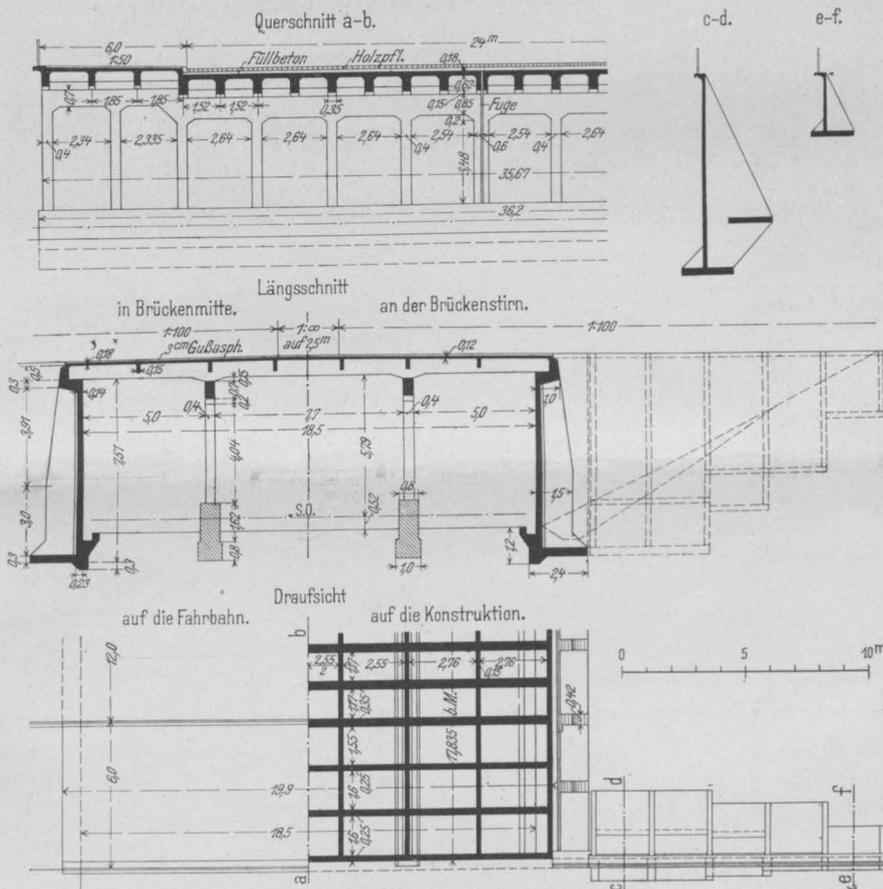


Abbildung 13. Konstruktion der Straßenüberführung in Eisenbeton über die Zweigbahn nach der Rennbahn im Grunewald.

ten für den Eisenbeton und namentlich auch für den Vorsatzbeton besondere Schutzmaßregeln gegen die Witterung getroffen werden; besonders peinlich wurde darauf geachtet, daß das Material für den Beton nicht gefroren oder mit Schnee durchsetzt war. Abb. 14 u. 15 f. S. zeigen die Brücke während der Ausführung. Da das Bauwerk jetzt drei Winter überstanden hat und Schäden nicht aufgetreten sind, kann wohl mit einem weiteren guten Bestand des Vorsatzbetons gerechnet werden.

Das Aussehen des mit Rüdersdorfer Kalkstein hergestellten Vorsatzbetons gleicht bei heller Färbung ungefähr dem Aussehen des natürlichen Kalksteines aus Rüdersdorf. Die Bearbeitung war leicht, da der Stein verhältnismäßig weich bleibt, und wurde teils gestockt teils scharriert ausgeführt. Die Abb. 16 a. f. S. zeigt, daß sich die Brücke der Architektur der Bahn-

*) Bei den in No. 18, S. 139 u. 141 dargestellten kleineren Bauten aus Frohnau ist Verf. Hr. Arch. P. Poser in Berlin, nicht Hart & Lesser.

hofsgebäude gut einfügt und daß der Eisenbeton schon allein aus Schönheitsgründen vor einer Flußeisenkonstruktion den Vorzug verdiente.

Die Oberleitung für die Bauausführung lag in

Händen der Hrn. Geh. Baurat Frey; für die Unternehmerin, die Firma Windschild & Langelott in Charlottenburg, hatte der Verfasser die Entwurfsbearbeitung und Ausführung. —

Wichtige Eigenschaften des Eisenbetons und ihre bisherigen, unrichtig angegebenen Ursachen.

Von ao. Professor Dr. Rohland in Stuttgart.



Die eigentlichen Ursachen der Rostsicherheit des Eisens im Eisenbeton sind vielfach noch unrichtig angegeben. Breuillé¹⁾ hat folgende Erklärung gegeben: das Eisen geht langsam, selbst lange Zeit nach dem Abbinden, eine oberflächliche, chemische

erlitten hatte.²⁾ Es hat also auch keine Reaktion zwischen dem Eisen und dem Zement stattgefunden.

Nach Breuillé aber soll sich ein Eisensilikat bilden, das in Wasser löslich ist; dann könnte aber dieses wasserlösliche Salz ausgelaugt werden, da ja Eisenbeton nicht wasserdicht ist; und dann wäre es mit dem Rost-

Schutz vorbei, weil alsbald die Bedingungen: Feuchtigkeit und Luft bezw. Sauerstoff, gegeben sind, unter denen Eisen sich oxydiert.

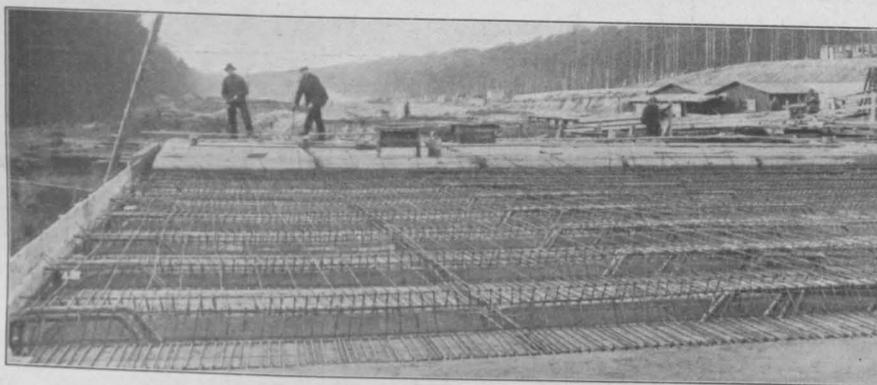
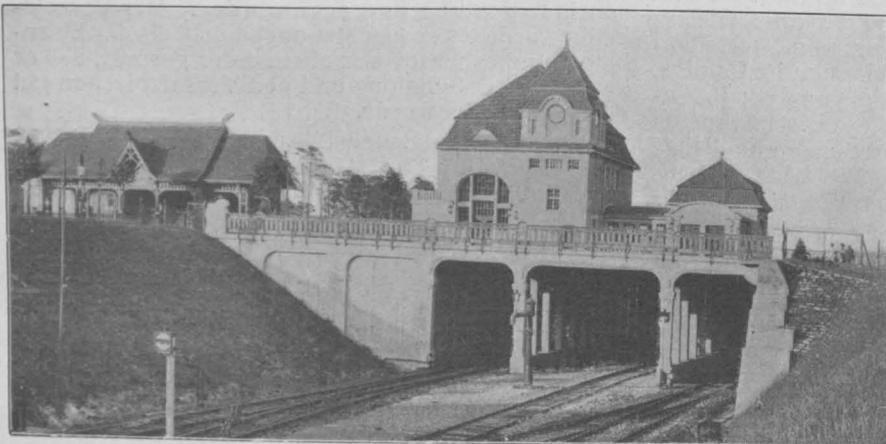
Im „Handbuch für den Eisenbetonbau“ wird ähnliches angegeben, die Rostsicherheit wird einer chemischen Wirkung zugeschrieben, die zwischen dem Eisen und dem Zement eintritt, wobei ein Doppelsilikat gebildet wird, das die Schutzhülle des Eisens darstellt. Auch das ist unrichtig. Die eigentliche Ursache ist vielmehr die, daß einerseits das Eisen, und zwar von allen unedlen Metallen allein, von stärkeren Alkalien nicht angegriffen wird, andererseits der Zement beim Anrühren mit Wasser, infolge des hydrolytisch abgespaltenen Kalkes, eine starke alkalische Reaktion aufweist.

Alle anderen unedlen Metalle, Zink, Zinn, Kupfer, Blei, Aluminium, werden von Alkalien angegriffen und oxydiert und oxydieren sich infolgedessen auch in Berührung mit Zement bezw. Beton.

Zwar ist neuerdings in einer Arbeit von E. Heyn von der Materialprüfungsanstalt in Gr. Lichterfelde-West³⁾ bei Untersuchungen über das Verhalten des Zinks, Kupfers, Bleis die Behauptung aufgestellt worden, daß man, trotzdem die Einwirkung des Zementes infolge der hydrolytischen Abspaltung des Kalkes festgestellt worden war, die große Haftfestigkeit des Zementes am Zink zur Herstellung von bewehrtem Beton benutzen solle, indessen ist dies Unternehmen gefahrvoll wegen der Oxydation des Zinks im Beton.

Die Kombination Eisen-Beton wäre unmöglich, wenn nicht der entferntesten Möglichkeit auch nur gerechnet werden müßte, daß Eisen darin rostet; die Eiseneinlagen würden statisch unwirksam. Nun ist erwiesen, daß die Konzentration der alkalischen Flüssigkeiten nicht zu gering sein muß, damit Eisen unoxydiert bleiben soll; die Menge von Hydroxylionen, wie sie etwa in $\frac{1}{20}$ molarer Lösung vorhanden ist (etwa 2,8 Gewichts-Teile KOH in 1), vollständig ausreicht, um diesen Zweck zu erreichen.

Entsprechend der geringeren Konzentration an Hydroxyl-Ionen in einer Lösung von Soda müssen etwa 17,2 g wasserhaltiges Natronkarbonat in 1^l gelöst werden, um eine rostschützende Wirkung hervorzubringen; dagegen ist eine Lösung, die nur etwa 15,6 g Soda enthält,



Abbildungen 14—16. Straßenüberführung in Eisenbeton über die Zweigbahn nach dem Rennplatz in Grunewald bei Berlin. (Ausführung und fertiger Zustand.)
Bauausführungen mit Vorsatzbeton.

Verbindung ein; dieser Umstand wird durch eine Gewichtsverminderung des Eisens erklärt.

Dazu ist zunächst zu sagen, daß erhärteter Zement wohl reaktionslos ist, also auch nicht mit dem Eisen in Reaktion treten kann. Ferner ist durch eingehende Versuche erwiesen, daß kein einziges Eisenstück im Beton eine Gewichtsverminderung oder Raumveränderung er-

¹⁾ Annales des ponts et chaussées 1902.

²⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1904, S. 183.

³⁾ E. Heyn, Deutscher Ausschuß f. Eisenbeton Heft 8, 1911.

schon unwirksam. Eine bestimmte Konzentration an Hydroxyl-Ionen, ein bestimmter Alkalitätsgrad ist also notwendig. Daraus folgt nun weiter, daß auch die Menge an Zement im Beton nicht zu gering sein darf; denn sonst wird nicht in genügender Menge hydrolytisch Kalk abgespalten; weniger Zement als 1 Teil auf 4 bis höchstens $4\frac{1}{2}$ Teile Sand läßt einen völligen Rostschutz nicht sicher erwarten, erst bei Anwendung einer größeren Menge Zement darf mit vollständiger Rostsicherheit gerechnet werden.

Auch über die Entrostung und über die Frage, ob angerostetes Eisen verwendet werden darf, finden sich noch unrichtige Ansichten vor; so ist z. B. im „Handbuch für Eisenbetonbau“ zu lesen: „Ob an den Eisenstäben haftender Rost nach der Einbettung schädlich wirke, ist noch eine offene Frage; wahrscheinlich ist es aber besser, die Rostschicht vorher zu entfernen“.

Nun, das ist keineswegs notwendig; denn angerostetes Eisen wird im Eisenbeton entrostet; merkwürdigerweise ist diese Tatsache erst spät bekannt geworden; im großen bei der Landesausstellung in Nürnberg im Jahr 1903 bei einem von der Firma Dyckerhoff & Widmann errichteten Bogen aus Eisenbeton, der, nach einem Jahr abgetragen, sich als entrostet erwies.

Aus Karlsruhe i. B. werden mir noch folgende Fälle mitgeteilt: beim Neubau des Krankenhauses in Rastatt wurde die Wahrnehmung gemacht, daß beim Durchbrechen der Decken die in der Decke liegenden Rundeisen und sonstigen Eisenteile vollständig rostfrei zum Vorschein kamen. Beim Bau des städtischen Krankenhauses in Karlsruhe, bei dem das System Müller-Marx zur Anwendung gelangte, wurde z. T. sehr rostiges Bandeisen verwendet, dieses war ebenfalls, wie bei den Deckendurchbrüchen gefunden wurde, blank und rostfrei; an dem vom Eisen losgelösten Beton war an der Berührungsstelle kaum eine Spur einer Rostfärbung zu entdecken.

Versuche im Kleinen bestätigten diese Ergebnisse; stark verrostete Eisenstäbe wurden in langsam bindenden Zement eingelegt, es zeigte sich schon nach 24 Stunden, nachdem die Abbinde- und erste Erhärtungszeit zu Ende war, daß der Rost dünner geworden war und einzelne blanke Stellen vorhanden waren; allmählich verschwindet der Rost dann vollständig.

Die Oxydecke auf einem Eisenstabe besteht aus zwei Schichten, aus dem gelbroten, locker anhaftenden Eisenoxyd und aus dem schwarzen, fester am Eisen sitzenden Oxydoxid. Man kann infolgedessen auch an verrosteten, in Beton eingelegten Eisenstäben noch längere Zeit solche finden, bei denen das gelbe Eisenoxyd ver-

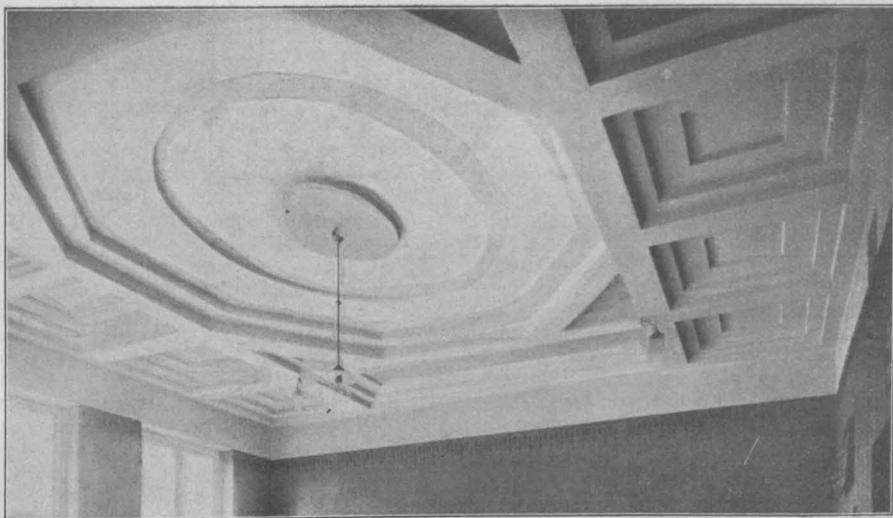


Abbildung 6. Kassettendecke über dem Restaurationssaal.

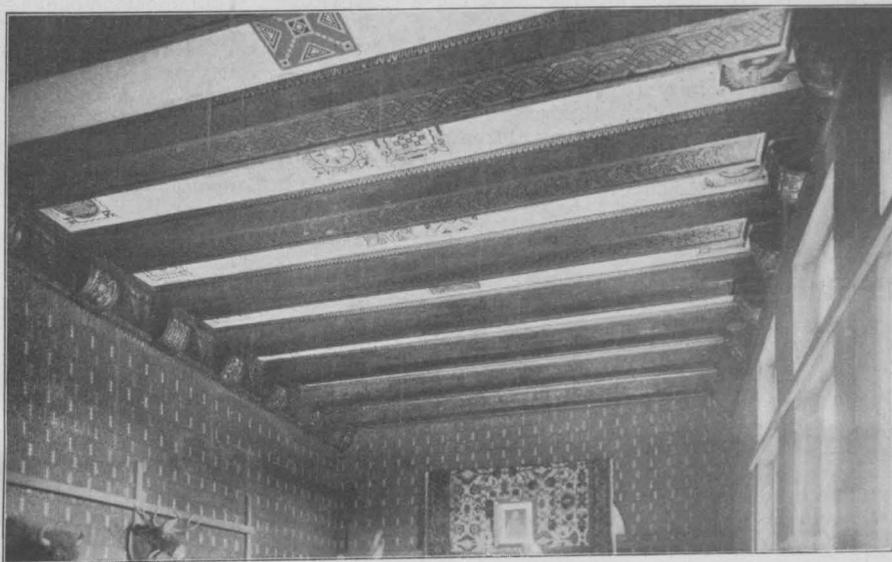


Abbildung 8. Eisenbetonbalkendecke über dem seitlichen Ausstellungssaal.

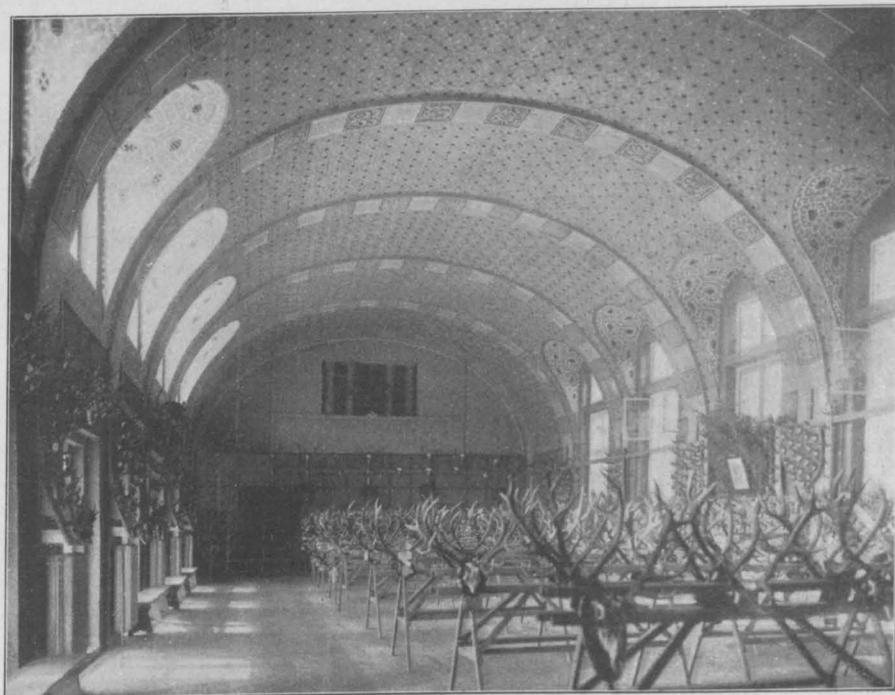


Abbildung 7. Gewölbte Eisenbetondecke über dem Haupt-Ausstellungssaal. Das Betonhaus auf der Ostdeutschen Ausstellung zu Posen 1911.

schwunden, aber die dünne Schicht des schwarzen Oxyduls sich noch erhalten hat; nach einiger Zeit verschwindet auch diese.

Wie aber kommt diese Entrostung zustande? W. Michaëlis hat die Behauptung aufgestellt, daß sich ein „Trikalziumhydroferrit“ bildet, mit anderen Worten heißt das: der hydrolytisch abgespaltene Kalk soll mit dem Eisenoxyd reagieren, und die oben genannte Verbindung bilden. Indessen habe ich tagelang Kalk auf Eisenoxyd einwirken lassen; es war niemals auch nur die geringste Reaktion wahrnehmbar; selbst Kalklösung wirkt nicht auf Eisenoxyd ein. Die Behauptung von W. Michaëlis trifft also nicht das Richtige.

Ferner geht Dünkelberg von der Ansicht aus, daß Eisenoxyd Ammoniak absorbiert enthält; nun soll unter Mitwirkung des Kalziumhydroxyds und des Luftsauerstoffes die Oxydation des Ammoniaks zu salpetriger und Salpetersäure stattfinden. Dazu ist zunächst zu sagen, daß der Gehalt an freiem Ammoniak in der Luft ganz minimal ist, sodaß also auch nicht nennenswerte Mengen von dem Eisenoxyd absorbiert werden können; ferner verändert sich ein Gemisch von Luft oder Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur überhaupt nicht; auch das Hinzutreten von Kalziumhydroxyd vermag keine Oxydation des Ammoniaks zu salpetriger Säure oder Salpetersäure herbeizuführen. Also auch die Behauptung von Dünkelberg ist unrichtig. Die Frage, wie diese Entrostung zustande kommt, hängt vielmehr sehr eng mit der Konstitution des Zementes zusammen, auf die ich an dieser Stelle nicht näher eingehen kann.

Treten Kalziumhydroxyd und Kohlendioxyd zusammen, so bildet sich Kalziumhydrokarbonat oder das Ion HCO_3' in größerer Konzentration, das auf Eisenoxyd einwirkt. Diese Reaktion wird ganz wesentlich unterstützt und beschleunigt, wenn zugleich primäres Natriumsulfat oder Kalziumsulfat, die Ionen HSO_4'' oder SO_4'' zugegen sind. Bringt man verrostete Eisenstäbe in Berührung mit

Wasser, das bei Normaldruck mit Kohlendioxyd gesättigt ist und dem solange Kalkwasser zugesetzt wird, bis der entstehende Niederschlag von Kalziumkarbonat nur noch langsam verschwindet, und fügt eine Spur von primärem Natriumsulfat oder Gips hinzu, so ist schon nach kurzer Zeit das Eisen-Ion mit den üblichen Reagentien nachweisbar.

Auf ähnliche Vorgänge, wie die oben beschriebenen, wird man auch bei der Entrostung im Beton schließen müssen. Beim Anrühren des Zementes wird Kalk aus ersterem hydrolytisch abgespalten, gleichzeitig wird von dem Kalk und der im kolloiden Zustand abgespaltenen Kieselsäure und Tonerde teils Kohlensäure aus der Luft oder auch aus dem Wasser aufgenommen; der Kalk und die Kohlensäure bilden zunächst sauren, kohlen-sauren Kalk und dieser löst das Eisenoxyd auf.

Durch die bei diesem Vorgang entstehende Wirkung von Kohlensäure wird das chemische Gleichgewicht zwischen Kalk und Kohlensäure gestört und es wird Kohlensäure von neuem herangezogen. Diese Reaktion wird nun ganz wesentlich unterstützt und beschleunigt, wenn zugleich etwas saures, schwefelsaures Natrium oder Kalziumsulfat (Gips) zugegen sind.

Nun enthalten alle Portlandzemente Gips bis zu 2% und etwas Alkalisulfat; es sind demnach auch die Substanzen im Zement vorhanden, welche die oben beschriebene Reaktion beschleunigen und unterstützen.

In diesen Vorgängen ist also die Ursache des Verschwindens des Rostes im Eisenbeton zu suchen. Die Entrostung findet an allen Teilen des Eisens statt, die mit dem Zement in engste Berührung gekommen sind. Man sieht daraus, daß es auch für die etwaige Entrostung verrosteter Stellen am Eisen ungemein wichtig ist, daß sorgfältig betoniert wird und daß eine dünne Zement-Schicht überall das Eisen bedeckt. Da, wo das Eisen gelegentlich aus dem Beton heraustreten muß, sind natürlich die Bedingungen für seine Oxydation gegeben und es müssen Rostschutzmittel eintreten. —

Unmittelbare Dimensionierung von Eisenbeton-Querschnitten für zusammengesetzte Festigkeit.



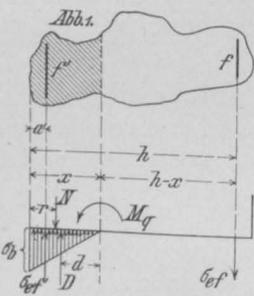
In vorigen Jahrgang S. 91 veröffentlichten wir einen Aufsatz von Dipl.-Ing. Max Mayer in Neustadt a. H., welcher für die unmittelbare Dimensionierung von rechteckigen, auf Druck und Biegung beanspruchten Eisenbetonquerschnitten Formeln entwickelte und in No. 1 d. J. vom Verfasser noch einige kleine Berichtigungen erfuhr. Ueber dasselbe Thema gingen uns dann im Laufe des Sommers eine Reihe von Aufsätzen zu, von denen der erste eine ganz allgemeine Entwicklung der

Formeln gibt, der zweite sich gegen die Anwendung der Mayer'schen Formeln wendet, für den Fall, daß im Querschnitt nur Druckspannungen auftreten, der dritte den Sonderfall behandelt, daß die beiden Eiseneinlagen gleichen Querschnitt besitzen und symmetrisch zum Schwerpunkt des Querschnittes angeordnet sind, der vierte schließlich Dimensionierungsformeln für Plattenbalken gibt. Wir bringen die verschiedenen Ausführungen nachstehend in der angegebenen Reihenfolge zur Veröffentlichung:

I. Direkte und genaue Dimensionierung auf Druck (Zug) und Biegung beanspruchter, beliebig geformter, doppelt armierter Querschnitte.

Von Hans Teute, Ingenieur der A.-G. für Betonbau Diss & Co. in Düsseldorf.

Bezeichnet: S_b das statische Moment, J_b das Trägheitsmoment der in Abbildung 1 schraffierten, gedrückten Betonfläche in Bezug auf die neutrale Faser, so ist nach analogen bekannten Sätzen der Festigkeitslehre die Mittelkraft D der Betonspannungen: $D = \frac{\sigma_b}{x} S_b$ und ihr Abstand d von der neutralen Faser: $d = \frac{J_b}{S_b}$. Ferner sei M_q



$$\text{oder } f' = \frac{M_q + N(h-r) - \frac{\sigma_b}{x} S_b (h-x+d)}{\sigma_e' (h-a')} \dots \text{Gl. 1}$$

Mit f' als Drehpunkt ergibt sich:

$$M_q + D(x-d-a') = N(r-a') + \sigma_e f (h-a')$$

$$\text{oder } f = \frac{M_q - N(r-a') + \frac{\sigma_b}{x} S_b (x-a'-d)}{\sigma_e (h-a')} \dots \text{Gl. 2}$$

Für rechteckigen Querschnitt von der Breite b wird:

$$J_b = \frac{b x^3}{3}; S_b = \frac{b x^2}{2}; d = \frac{2 b x^3}{3 b x^2} = \frac{2}{3} x$$

$$f' = \frac{M_q + N(h-r) - \frac{b x \sigma_b}{2} \left(h - \frac{x}{3} \right)}{\sigma_e' (h-a')} \dots \text{Gl. 3}$$

$$f = \frac{M_q - N(r-a') + \frac{b x \sigma_b}{2} \left(\frac{x}{3} - a' \right)}{\sigma_e (h-a')} \dots \text{Gl. 4}$$

Liegt reine Biegung vor, so entstehen die bekannten Formeln:

$$f' = \frac{M - \frac{b x \sigma_b}{2} \left(h - \frac{x}{3} \right)}{\sigma_e' (h-a')} \dots \dots \text{Gl. 5}$$

das Moment, das von den Querkräften (parallel zum Querschnitt) herrührt, während N der Größe und Lage nach die Mittelkraft der Achsialkräfte darstelle. Bei reiner Biegung ist in den folgenden Formeln einfach $N=0$ zu setzen, und bei exzentrischer Druckbeanspruchung im engeren Sinne (ohne Momente von Querkräften) $M_q=0$.

Bezieht man die Momente aller äußeren Kräfte und inneren Spannungen auf den Schwerpunkt der Zugarmierung f , so erhält man (unter der Berücksichtigung, daß h in Abbildung 1 nicht die ganze Querschnittshöhe, sondern, um den Formelausdruck zu vereinfachen, die Differenz zwischen Höhe und Abstand der Zugarmierung f von der Querschnittskante bedeutet):

$$M_q + N(h-r) = \sigma_e' f' (h-a') + D(h-x+d)$$

$$\text{hieraus: } f' = \frac{M_q + N(h-r) - D(h-x+d)}{\sigma_e' (h-a')}$$

$$f = \frac{M + \frac{bx\sigma_b}{2} \left(\frac{x}{3} - a' \right)}{\sigma_e (h - a')} \dots \dots \text{Gl. 6)}$$

Zu beachten ist, daß bei $\frac{x}{3} < a'$, bzw. $x - a' < d$, die betreffenden Glieder in Gl. 2 und 4 und 6 negativ werden.

Greift N außerhalb des Querschnittes an, und zwar auf der Druckseite, so ist r negativ in die Formel einzusetzen. Ist $r > x$, so gelten die Formeln unverändert. Liegt Zugbeanspruchung vor, so ist N negativ einzusetzen. Ergibt sich f' negativ, so bedeutet das, daß keine Druckarmierung nötig ist, die Formeln sind dann nicht mehr anwendbar. Will man die Zugfestigkeit des Betons berücksichtigen, so muß man das statische und Trägheitsmoment der Zugfläche (mit dem entsprechenden Elastizitätsmodul - Verhältnis multipliziert) algebraisch zu S_b und J_b hinzurechnen.

In gleicher Weise kann man großprofilige Armierung mit Eigenträgheitsmoment berücksichtigen. Man erhält dann diejenigen Werte von f und f' , welche außer der großprofiligen Armierung noch notwendig sind. Die Anwendung der Formeln erfolgt in der Weise, daß man die Betonabmessungen und Spannungen annimmt, bzw. als gegeben vorfindet, und das nötige f und f' ausrechnet. Wirkt M_q entgegengesetzt, so ist es negativ einzusetzen. Soll die Verschwächung des Betonquerschnittes durch f' berücksichtigt werden, so ist das aus den Formeln ge-

fundene f' nachträglich mit $\frac{n}{n-1}$ zu multiplizieren, um das endgiltige f' zu erhalten.

1. Beispiel: Gegeben sei die in Abbildung 2 skizzierte runde Säule von 100 cm Durchmesser, $r = -17,1$ cm, $\sigma_b = 40$ kg/qcm, h ist wieder nur Durchmesser, verringert um den Abstand des Zug eisens von der Querschnittskante.



Damit die Berechnung einfach wird, sei gewählt $x = 50$ cm; $h - x = 95 - 50 = 45$ cm; $x - a' = 50 - 5 = 45$ cm; $\sigma_e = \sigma_e' = \frac{15 \cdot 40}{50} \cdot 45 = 540$ kg/qcm. Damit wird:

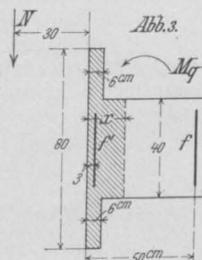
$$J_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{64} \cdot 100^4 = 2\,454\,400 \text{ cm}^4; S_b = \frac{\pi \cdot 100^2}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{50}{\pi} = 83\,300 \text{ cm}^3;$$

dann ist die Exzentrizität $d = \frac{83\,300}{29,5} = 29,5$ cm. Man kann S_b übrigens auch auffassen als Volumen eines Zylinderhufes vom halben Durchmesser als Höhe. Danach wird: $S_b = \frac{2}{3} \cdot 50^2 \cdot 50 = 83\,300 \text{ cm}^3$,

d ist dann der Schwerpunktsabstand des Zylinderhufes. $d = \frac{3}{16} \pi \cdot 50 = 29,5$ cm; $h - r = 95 - (-17,1) = 112,1$ cm; $r - a' = -17,1 - 5 = -22,1$; $d + h - x = 29,5 + 45 = 74,5$ cm; $x - a' - d = 45 - 29,5 = 15,5$ cm; damit $54\,600 \cdot 112,1 - \frac{40}{50} \cdot 83\,300 \cdot 74,5$

$$\text{wird: } f' = \frac{540 \cdot 90}{540 \cdot 90} = 23,8 \text{ qcm};$$

$$f = \frac{-54\,600(-22,1) + \frac{40}{50} \cdot 83\,300 \cdot 15,5}{540 \cdot 90} = 46,2 \text{ qcm}.$$



2. Beispiel (Abbildung 3). Druckkraft $N = 50\,000$ kg; $M_q = 3\,000$ mkg; $h = 50$ cm (war h wieder nur Querschnittshöhe minus

Abstand des Zug eisens von der Kante); $a' = 3$ cm; $h - a' = 50 - 3 = 47$ cm; $\sigma_b = 34$ kg/qcm; $\sigma_e = 1000$ kg/qcm; $r = -30$ cm; $x = 0,338 \cdot 50 = 16,9$ cm; $h - x = 50 - 16,9 = 33,1$ cm; $x - a' = 16,9 - 3 = 13,9$ cm; $\sigma_e' = \frac{34 \cdot 15 \cdot 13,9}{16,9} = 420$ kg/qcm; $h - r = 50 - (-30) = 80$ cm; $r - a' = -30 - 3 = -33$ cm; $N(h - r) = 50\,000 \cdot 80 = 4\,000\,000$ cmkg; $N(r - a') = 50\,000 \cdot (-33) = -1\,650\,000$ „

Kontrolle (durch Addition):

$$N(h - a') = 50\,000 \cdot 47 = 2\,350\,000 \text{ cmkg}$$

$$S_b = 80 \cdot \frac{16,9^2}{2} - (80 - 40) \cdot \left(\frac{16,9 - 6}{2} \right)^2 = 11\,440 - 2\,380 = 9\,060 \text{ cm}^3$$

$$J_b = 80 \cdot \frac{16,9^3}{3} - (80 - 40) \cdot \left(\frac{16,9 - 6}{3} \right)^3 = 128\,700 - 17\,300 = 111\,400 \text{ cm}^4.$$

Kontrolle: $J_b = 11\,440 \cdot \frac{2}{3} \cdot 16,9 - 2\,380 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10,9 = 128\,700 - 17\,300 = 111\,400 \text{ cm}^4$; $d = \frac{111\,400}{9\,060} = 12,3$ cm;

$$\frac{\sigma_b}{x} S_b = D = \frac{34}{16,9} \cdot 9\,060 = 18\,230 \text{ kg};$$

$$h - x + d = 33,1 + 12,3 = 45,4 \text{ cm}$$

$$x - a' - d = 13,9 - 12,3 = 1,6 \text{ „}$$

Kontrolle: $h - a' = 47$ cm

$$\frac{\sigma_b}{x} S_b (h - x + d) = 18\,230 \cdot 45,4 = 827\,000 \text{ cmkg}$$

$$\frac{\sigma_b}{x} S_b (x - a' - d) = 18\,230 \cdot 1,6 = 29\,000 \text{ „}$$

Kontrolle: $\frac{\sigma_b}{x} S_b (h - a') = 18\,230 \cdot 47 = 856\,000 \text{ cmkg}.$

Nach Gleichung 1 und 2 wird nun:

$$f' = \frac{3\,000 + 4\,000\,000 - 827\,000}{420 \cdot 47} = 161 \text{ qcm} = f'.$$

$$f = \frac{3\,000 + 1\,650\,000 + 29\,000}{1\,000 \cdot 47} = 35,8 \text{ qcm} = f.$$

Kontrolle: $N = \frac{34}{16,9} \cdot 9\,060 + 420 \cdot 161 - 1\,000 \cdot 35,8 = 18\,200 + 67\,600 - 35\,800 = 50\,000 \text{ kg}.$

Natürlich enthält dieser Querschnitt zuviel Eisen. Man muß daher ein größeres h annehmen, wenn möglich auch σ_b erhöhen.

Oft empfiehlt es sich, σ_e kleiner anzunehmen, dadurch wird zwar f etwas größer, aber x größer und dadurch f' kleiner.

Vorstehende Formeln lassen sich auch noch auf andere Weisen ableiten, unter anderem auf folgende, welche Manchem vielleicht leichter verständlich ist:

$$N = \frac{\sigma_b}{x} S_b + \sigma_e' f_e' - \sigma_e f \dots \dots \text{Gl. 7)}$$

Bezieht man die Momente auf die neutrale Faser, so erhält man:

$$M_q + N(x - r) = \frac{\sigma_b}{x} S_b d + \sigma_e' f_e' (x - a') + \sigma_e f (h - x) \dots \dots \text{Gl. 8)}$$

Erweitert man Gl. 7) mit $h - x$, so erhält man:

$$N(h - x) = \frac{\sigma_b}{x} S_b (h - x) + \sigma_e' f_e' (h - x) - \sigma_e f (h - x)$$

mit Gl. 8) addiert

$$M_q + N(h - r) = \frac{\sigma_b}{x} S_b (h - x + d) + \sigma_e' f_e' (h - a')$$

hieraus:

$$f = \frac{M_q + N(h - r) - \frac{\sigma_b}{x} S_b (h - x + d)}{\sigma_e' (h - a')}$$

In derselben Weise ergibt sich f wie in Gl. 2). —

II. Heußerungen zu dem Mayer'schen Aufsätze von Ing. Karl Stock in Mannheim.

Der Verfasser unterscheidet mit Recht Querschnitte, bei denen Zug- und Druckspannungen auftreten, und Querschnitte, bei denen nur Druckspannungen auftreten. Die Formeln 11—13, die er für den letz-

ten Fall, das sind Querschnitte, bei denen nur Druckspannungen auftreten, angibt, sind jedoch unrichtig. Hr. Dipl.-Ing. Mayer leitet aus seinen Gleichungen 1 und 2, die lauten:

$$N = \frac{bx}{2} \cdot \sigma_b + f'_e \sigma'_e - f_e \sigma_e \dots \dots \dots (1)$$

$$M = \frac{bx}{2} \cdot \sigma_b \left(\frac{d}{2} - x \right) + f'_e \sigma'_e e' + f_e \sigma_e e, \dots \dots (2)$$

indem er f'_e und f_e gleich Null setzt, eine Gleichung

$$\sigma_b = \frac{12N^2}{b(Nd - 2M)} \dots \dots \dots (11)$$

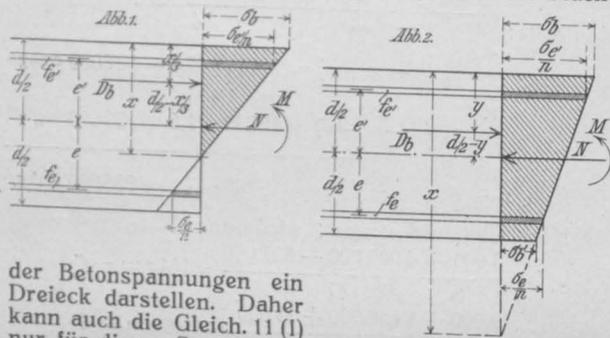
ab, welche die Größe von σ_b angeben soll, wenn in dem betr. Querschnitt nur Druckspannungen auftreten. Diese Gleichung enthält übrigens noch einen Rechenfehler, denn wenn man in Gleichung 1 und 2 den Wert $f_e = f'_e = 0$ setzt und nach σ_b auflöst, so erhält man die Gleichung

$$\sigma_b = \frac{4N^2}{3 \cdot b(Nd - 2M)} \dots \dots \dots (I)$$

Dieser Rechenfehler ist jedoch unwesentlich.

Der Verfasser will aber dann aus der Gleichung 11 „ganz richtig“ ersehen, daß ein endlicher Wert für σ_b sich nur dann ergibt, wenn N innerhalb der Querschnittsfläche angreift. Da dies aber unzutreffend ist, so ergibt sich schon hieraus, daß auch die Gleichung 11 (bezw. I) nicht richtig, oder zum mindesten nicht allgemein gültig sein kann.

Die Gleichungen 1 und 2, aus denen die Gleichung 11 (I) abgeleitet ist, beziehen sich doch nur auf das in Abbildung 1 dargestellte Spannungsbild, wobei die Fläche



der Betonspannungen ein Dreieck darstellen. Daher kann auch die Gleich. 11 (I) nur für dieses Spannungsbild richtig sein. Nach den Voraussetzungen des Hrn. Dipl.-Ing. Mayer soll aber Gleichung 11 (I) gelten für den Fall, daß in dem fraglichen Querschnitt nur Druckspannungen auftreten. Tritt aber dies wirklich ein, dann wird das Spannungsbild ein anderes, denn die Fläche der Betonspannungen bilden jetzt ein Trapez (S. Abb. 2) und die Grundgleichungen 1 und 2 und die aus ihnen abgeleitete Beziehung für σ_b sind für diesen Fall nicht mehr gültig.

Für den Grenzfall, für den die Betonbeanspruchung an der am wenigsten beanspruchten Kante gleich Null wird, stellt die Fläche der Betonspannungen wieder ein Dreieck dar und ist daher Gleichung 11 (I) noch gültig. Da man weiß, daß dieser Fall für den homogenen Querschnitt dann eintritt, wenn die Kraft am Kernrand angreift, für den rechteckigen Querschnitt also $\frac{M}{N} = \frac{d}{6}$ ist, so darf man nicht, wie dies der Verfasser des hier besprochenen Aufsatzes tut, in Gleichung 11 (I) $\frac{M}{N} < \frac{d}{2}$ setzen, denn diese Gleichung gilt ja nur für den Fall, daß $\frac{M}{N} = \frac{d}{6}$ ist. Setzt man diesen letzten Wert in Gleichung I ein, so ergibt sich

$$\sigma_b = \frac{4N^2}{3b(Nd - 2N \frac{d}{6})} = \frac{2N}{bd},$$

d. h. für den angezogenen Grenzfall wird, wie bekannt, die größte Kantenbeanspruchung doppelt so groß wie die mittlere Beanspruchung.

Treten in einem Eisenbetonquerschnitt bei zusammengesetzter Festigkeit nur Druckspannungen auf, dann lauten die Grundgleichungen richtig

$$N = \frac{bx}{2} (\sigma_b + \sigma'_b) + f'_e \sigma'_e + f_e \sigma_e \dots \dots \dots (II)$$

$$M = \frac{bx}{2} \left(\frac{d}{2} - y \right) + f'_e \sigma'_e e' + f_e \sigma_e e, \dots \dots (III)$$

wobei σ'_b die Betonspannung an der am wenigsten beanspruchten Kante und y die Entfernung des Druckmittelpunktes der gesamten Betonspannungen D_b von der am meisten beanspruchten Kante bedeutet.

Nach Abbildung 2 wird weiter

$$\sigma'_b = \sigma_b \cdot \frac{x-d}{x} \dots \dots \dots (IV)$$

$$y = \frac{d}{3} \cdot \frac{\sigma_b + 2\sigma'_b}{\sigma_b + \sigma'_b} = \frac{d}{3} \cdot \frac{3x-2d}{2x-d} \text{ und daraus}$$

$$\frac{d}{2} - y = \frac{d}{2} - \frac{d}{3} \cdot \frac{3x-2d}{2x-d} = \frac{d^2}{6(2x-d)} \dots \dots (V)$$

Durch Einsetzen von Gleichung IV und V in Gleich. II und III erhält man, wenn man gleichzeitig $f'_e = f_e = 0$ setzt,

$$N = \frac{\sigma_b}{2} \cdot \frac{db(2x-d)}{x} \dots \dots \dots (VI)$$

$$M = \frac{\sigma_b}{2} \cdot \frac{db(2x-d)}{x} \cdot \frac{d^2}{6(2x-d)} \dots \dots (VII)$$

Durch Division von Gl. VII durch Gl. VI ergibt sich

$$\frac{M}{N} = \frac{d^2}{6(2x-d)} \dots \dots \dots (VIII)$$

Setzt man die Exzentrizität $\frac{M}{N} = \varepsilon$, so erhält man die Lage der Nulllinie aus Gleichung VIII zu

$$x = \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{d}{6\varepsilon} + 1 \right) \dots \dots \dots (IX)$$

Aus Gleichung VI erhält man dann die größte Betonbeanspruchung zu $\sigma_b = \frac{db}{2} \cdot \frac{2}{(2x-d)}$ und nach Einsetzen

von x aus Gleichung IX

$$\sigma_b = \frac{N}{db} \left(1 + \frac{6\varepsilon}{d} \right) \dots \dots \dots (X)$$

Aus Gl. IX ergibt sich ganz richtig $x = d$, d. h. $\sigma'_b = 0$

für $\varepsilon = \frac{d}{6}$.

Ergibt Gleichung X für σ_b einen größeren Wert als zulässig, so muß eine Eiseneinlage angeordnet werden, und zwar zweckmäßig in der Nähe der am meisten beanspruchten Kante. Es ergibt sich dann nach Abbildg. 2

$$\sigma'_e = n \sigma_b \cdot \frac{x-d+e'}{x} \dots \dots \dots (XI)$$

Setzt man die Gleichungen IV, V und VI in die Gleichungen II und III ein und setzt außerdem $f_e = 0$, so erhält man

$$N = \frac{\sigma_b}{2} \cdot db \frac{2x-d}{x} + n \cdot \sigma_b \cdot f'_e \cdot \frac{x-d+e'}{x} \dots (XII)$$

$$M = \frac{\sigma_b}{12} \cdot \frac{d^3 b}{x} + n \cdot \sigma_b \cdot f'_e \cdot \frac{x-d+e'}{x} \cdot e' \dots (XIII)$$

Eliminiert man aus den Gleichungen XII und XIII f'_e und löst sie nach x auf, so findet man die Lage der Nulllinie aus

$$x = \frac{\sigma_b \cdot d^2 b \left(\frac{d}{6} + e' \right)}{\sigma_b \cdot d d e' - N e' + M}$$

Setzt man wieder $\frac{M}{N} = \varepsilon$, so lautet die Gleichung

$$x = \frac{\sigma_b \cdot d^2 b \left(\frac{d}{6} + e' \right)}{\sigma_b \cdot b d e' - N (e' - \varepsilon)} \dots \dots (XIV)$$

Die erforderliche Eiseneinlage findet man durch Auflösen der Gleichung XII nach f'_e zu

$$f'_e = \frac{Nx - \sigma_b \cdot db \left(x - \frac{d}{2} \right)}{n \cdot \sigma_b \left(x - \frac{d}{2} + e' \right)} \dots \dots (XV)$$

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß sich die Gleichungen 6 und 8 des besprochenen Aufsatzes leicht aus der Bedingung ableiten lassen, daß die Summe aller Momente bezogen auf einen beliebigen Momentenpunkt gleich Null sein muß. —

(Schluß folgt.)

Inhalt: Das Betonhaus auf der Ostdeutschen Ausstellung in Posen. — Bauausführungen mit Vorsatzbeton. (Schluß). — Wichtige Eigenschaften des Eisenbetons und ihre bisherigen, unrichtig angegebenen Ursachen. — Unmittelbare Dimensionierung von Eisenbeton-Querschnitten für zusammengesetzte Festigkeit. —

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.