GUSSBETON

Eine Studie über Gußbeton unter Berücksichtigung des Stampfbetons

Von

Ingenieur **P. HAVES**

Mit 34 Textabbildungen

BERLIN 1916
Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.

INHALTSVERZEICHNIS.

I. Allgemeines.

Unter Beton wird eine Mischung von Zement, Sand, Schotter und Wasser verstanden. Je nach der Menge des Wasserzusatzes unterscheidet man Stampfbeton, plastischen oder weichen Beton und Gußbeton. „Stampfbeton“ enthält so viel Wasser, daß beim Formen mit der Hand Feuchtigkeit abgegeben wird. Man nennt dieses „erdfeucht“. „Weicher“ oder „Plastischer Beton“ enthält so viel Wasser, daß die Ränder der durch einen Stampfstoß hervorgerufenen Vertiefung eine kurze Zeit stehen und nur langsam verlaufen. „Gußbeton“ enthält so viel Wasser, daß er fließt.

„Stampfbeton“ wird schon seit Jahrzehnten in Deutschland für Bauten verwendet, während die Anwendung des „Plastischen Beton“ erst mit der Einführung des Eisenbetons, etwa im Jahre 1888, an Ausdehnung gewann. In den letzten 10 Jahren wurde beim Eisenbeton auch zuweilen Gußbeton verwendet, jedoch nur in einem ganz beschränkten Maße.

Gußbeton als solcher, also ohne Eiseneinlage, fand in Deutschland überall Mißtrauen, während in den Vereinigten Staaten von Nordamerika Gußbeton schon seit Jahren in größtem Umfange mit Erfolg zur Anwendung gelangt.

Literarische Werke über Gußbeton sind nicht vorhanden. Es finden sich nur in einzelnen Fachzeitschriften zerstreut einige Aufsätze, die diese Materie behandeln.

An dieser Stelle seien folgende Abhandlungen erwähnt:

1. Zeitschrift des Verbandes Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine 1912, Bd. I S. 33: „Mehr Wasser“ von Professor O. Franzius, Hannover;
2. Armierter Beton 1913, S. 71: „Neuere amerikanische Betonierungsmethoden“, S. 440: „Stampfbeton oder Gußbeton“ von Dr.-Ing. E. Probst, Berlin;
3. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 1913 S. 1672: „Stampfbeton oder Gußbeton?“ von Professor O. Franzius, Hannover;

4. Beton und Eisen, 1914 S. 49: „Erfahrungen mit Gußbeton“ von Professor O. Franzius, Hannover;
5. Deutscher Ausschuß für Eisenbeton 1915, Heft 29: „Zweckmäßige Zusammensetzung des Betongemenges für Eisenbeton“;
6. die amerikanischen Patentschriften Nr. 948719, 948723 und 948746 der Firma Concrete Appliances Co. in Los Angelos, Kalifornien.

Diese Abhandlungen haben das vorhandene Mißtrauen gegenüber dem Gußbeton nicht beseitigen können. Der in allen älteren Lehrbüchern und Abhandlungen stets wiederholte Grundsatz „Wenig Wasser und gut stampfen!“ in Verbindung mit den einengenden baupolizeilichen Bestimmungen und den aufgestellten maßgebenden Vorschriften für die Verarbeitung und Prüfung von Stampfbeton haben die beteiligten Kreise in Deutschland für neue Arbeitsweisen auf diesem Gebiete fast vollständig unzugänglich gemacht. Es wird noch heute daran festgehalten, daß die Festigkeit des Betons bei vermehrtem Wasserzusatz abnimmt, weshalb ein flüssiger Beton unbrauchbar sein muß. Herr Professor Franzius durfte daher seinen Aufsatz „Mehr Wasser“ mit dem Satz beginnen:

„Eine für den deutschen Ingenieur auffallende Erscheinung am Panamakanal ist die Verwendung des nassen Betons.“

Das war im Januar 1912, wobei zu beachten ist, daß in Amerika bereits im Jahre 1907 die Verwendung von Gußbeton in größerem Umfange erfolgte. Jm Jahre 1909 waren dort schon Gesellschaften gegründet, die sich ausschließlich mit der Herstellung von Bauten aller Art aus Gußbeton befaßten. Es hatten sich zu dieser Zeit bereits Spezialbausysteme für Gußbeton ausgebildet. Im Jahre 1910 wurden der Firma Concrete Appliances Co. in Los Angelos (Kalifornien) besondere Patente auf Einrichtungen zur Herstellung von Bauten aus Gußbeton erteilt. Obwohl diese Tatsachen hier in Deutschland in den beteiligten Kreisen bekannt wurden, verhielt man sich doch ablehnend. Nur in ganz vereinzelten Fällen ist in den letzten Jahren das Verfahren in Deutschland zur Anwendung gelangt. Die dabei erzielten günstigen Ergebnisse sowie das energische Eintreten der Firma Dyckerhoff & Widmann in Biebrich a. Rh. für die neue Bauweise haben dazu geführt, daß auf Veranlassung des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton im Jahre 1914 im Materialprüfungsamt zu Lichterfelde wegweisende Versuche mit Gußbeton durchgeführt wurden. Das Ergebnis dieser Versuche gab dazu Anlaß, daß unter Mitwirkung des Herrn Professors Franzius von der Königlich technischen Hochschule in Hannover in den neuen Be-

stimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton vom Jahre 1915 besondere Vorschriften für Gußbeton aufgenommen wurden. Dieselben lauten:

„§ 8, Ziffer 3c. Flüssige Betonmasse. Flüssige Betonmasse enthält so viel Wasser, daß sie fließt. Stampfen ist unmöglich. Die Masse ist so zu verteilen, daß keine Hohlräume entstehen.

§ 9c. Gußbeton. Die Betonmasse muß genügend flüssigen Mörtel enthalten, damit dieser alle Hohlräume der Zuschläge (Kies, Schotter) ausfüllt. Kiessand muß so viel feine Teile enthalten, daß eine flüssige Masse entsteht. Das Mischen der Gußbetonmasse muß in dicht schließenden Maschinen geschehen, um Auslaufen des Mörtels während des Mischens zu verhindern.

Bei dem Einbringen der Betonmasse ist darauf zu achten, daß keine Entmischung eintritt. Das Einbringen kann mit Hilfe von Rinnen, Röhren u. dergl. geschehen, damit der Gußbeton vermöge seiner eigenen Schwere an die Verwendungsstelle fließt. Bei steiler Neigung trennt sich in der Rinne das grobe Material von dem Mörtel, durchläuft die Rinne schneller und fällt infolge flacherer Wurfparabel an anderer Stelle nieder als der Mörtel. Hierdurch können z. B. bei Schotter- und grobem Kiesbeton Steinnester entstehen, die sich nur durch Handarbeit beseitigen lassen. Bei steiler Rinnenneigung (mehr als 25 vH. gegen die Wagerechte) ist daher vor der Rinnenmündung eine Klappe oder ein Trichter derartig anzubringen, daß die Betonmasse möglichst senkrecht niederfällt. Die Rinnen werden vorteilhaft derart beweglich angeordnet, daß sie die ganze Grundfläche des zu betonierenden Bauteiles bestreichen können. Um der Entmischung des Betons beim freien Fall vorzubeugen, soll der Auslauf der Zubringer nicht mehr als 2 m über der Verwendungsstelle liegen. Gröbere Zuschlagteile, die sich beim Einbringen der Betonmasse abgesondert haben, sind mit dem Mörtel wieder zu vermengen. Der Gußbeton ist in hohen Schichten herzustellen, wenn nicht der ganze Bauteil in einem Guß betoniert werden kann. Zu diesem Zweck sind bei größerer Grundrißausdehnung einzelne Bauabschnitte zu bilden. Die Massen sind innerhalb einer Arbeitsschicht so zeitig (frisch auf frisch) einzubringen, daß die einzelnen über- und nebeneinanderliegenden Betonstreifen ausreichend fest binden. Bei längerer Unterbrechung der Arbeit (Weiterarbeiten am folgenden Tage) muß für aus-

reichend festen Zusammenschluß der Betonschichten gesorgt werden. Neben einer geeigneten Gliederung der in Betracht kommenden Betonkörper selbst ist die Oberfläche der zuletzt gegossenen Schicht möglichst unregelmäßig und rauh zu gestalten. In besonders wichtigen Fällen kann dies dadurch geschehen, daß Bruchsteinbrocken, Stücke von starken Rundeisen, Schienenstücke u. dergl. mindestens bis zur Hälfte ihrer Höhe oder Länge als Dübel in die noch nicht erhärtete Schicht eingelassen werden, so daß der überstehende Teil dieser Dübel in die neu aufzubringende Schicht hineinragt. Vor dem Aufbringen neuer Betonmassen am nächsten Tage ist die alte Oberfläche durch Abkehren zu reinigen und gehörig anzunässen. Stampfen ist bei Gußbeton nicht möglich. Kann die Betonmasse nicht von selbst überall hinfließen, so ist durch Nachhelfen mit geeigneten Geräten dafür zu sorgen, daß sie alle Bauteile, auch die Ecken und Außenflächen (längs der Verschalung) satt ausfüllt."

Soweit die gegebenen Vorschriften für Gußbetonarbeiten. Es ist selbstverständlich, daß nicht alle eintretenden und in der Praxis sich noch ergebenden Verhältnisse im Rahmen dieser Vorschriften behandelt werden konnten. Hierzu kommt noch, daß in Deutschland auf dem Gebiete des Gußbetons fast gar keine Erfahrungen gesammelt werden konnten, weil diese Bauweise hier bisher nur in ganz vereinzelten Fällen zur Anwendung gelangte.

Im Anfang des Jahres 1914 wurde eine belgisch-französische Gesellschaft für Gußbetonbauten gegründet. Infolge des ausbrechenden Krieges mußte diese Gesellschaft jedoch ihre Arbeiten einstellen.

Die praktischen Amerikaner haben der neuen Bauweise eine kurze Bezeichnung gegeben, welche der Arbeitsweise entnommen wurde. Der Gußbeton gelangt nämlich bei der Verarbeitung infolge seiner eigenen Schwere zur Verteilungsstelle, woraus der Name „Schwerkraftsystem" (Gravity-System = Gy. S.) entstanden ist.

II. Stampfbeton oder Gußbeton?

Im Jahre 1913 erschienen unter diesem Titel einige Aufsätze, in denen die Gegensätze zwischen den Anhängern der beiden Bauweisen zum Ausdruck kamen. Es meldeten sich auch Fachleute zum Wort, die beide Bauarten als gleichberechtigt nebeneinander stellten, und die Ansicht vertraten, daß in jedem einzelnen Falle von dem bauleitenden Ingenieur eine genaue Untersuchung über

das „Für“ und „Wider“ der beiden Bauweisen stattfinden müsse. Die Erfahrungen der letzten beiden Jahre haben gezeigt, daß es unmöglich ist, sich von vornherein für die eine oder andere Bauart zu entscheiden.

Stampfbeton hat gegenüber dem Gußbeton, bei gleichem Mischungsverhältnis, den Vorteil der größeren Festigkeit. Der Festigkeitsunterschied zwischen den beiden Betonarten beträgt etwa 30 vH. Diese geringere Festigkeit des Gußbetons ist fast immer ohne Belang. In besonders wichtigen Fällen hat man es aber in der Hand, durch einen etwas größeren Zementzusatz die Festigkeit des Gußbetons zu erhöhen.

Die Hauptschwäche des Stampfbetons ist die Schichtenbildung. Bei der üblichen Verarbeitung des Stampfbetons in Schichten von 25 bis 30 cm ist es nicht zu vermeiden, daß jede Schicht von oben nach unten an Festigkeit abnimmt. Beim Stampfen des Betons entstehen die Betonlagen gemäß Abb. 1, wobei die Lage *I* oben bei *a* die volle durch das Stampfen erzielte Festigkeit besitzt. In der Stampffuge *b* berührt sich die weiche Schicht der Lage *I* mit der festen Schicht der Lage *II* und in der Stampffuge *c* die weiche Schicht der Lage *II* und die feste Schicht der Lage *III*. Entsprechend der Anzahl der Lagen wiederholt sich das Zusammentreffen der Schichten von ungleicher Festigkeit. Diese schädlichen Unterschiede im ganzen Körper werden bei schlechter Stampfarbeit noch verschärft. Will man von der Zuverlässigkeit des Arbeiters nicht vollständig abhängen, dann benutzt man mechanische Stampfapparate.

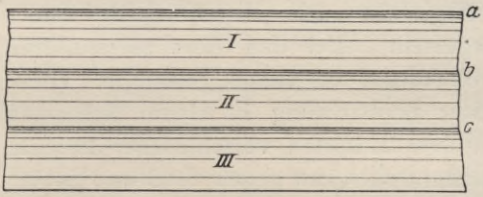

Abb. 1.

Es ist vorgeschlagen, zur Erzielung eines durchaus gleichmäßigen Betonwerks schwerere Stampfer als bisher zu verwenden. Hiervon muß entschieden abgeraten werden, da der erwartete Erfolg nicht eintritt. Beim Gebrauch der schwereren Stampfer wird der obere Teil der eingebrachten und zu stampfenden Schicht bis zu einer gewissen Tiefe noch mehr zusammengeschlagen als bisher. Die Oberfläche der Schicht wird hierbei derart hart, daß eine Verbindung mit der folgenden Schicht überhaupt nicht mehr stattfindet, also die Fugenbildung verstärkt wird. Die Wirkung des Stampfens wird immer, selbst bei schwersten Stampfern, an der Unterfläche der Stampfschicht bedeutend geringer sein als an der Oberfläche der Schicht, da sich die Wirkung des Schlages nach unten strahlenartig ausbreitet.

Eine Fugenbildung kann nur dadurch verhindert werden, daß unter ständiger geringer Materialzugabe ein andauerndes Stampfen stattfindet. Dieses Verfahren ist aber für Herstellung von Bauten wegen der entstehenden hohen Kosten nicht anwendbar.

Wertvolle Beobachtungen bezüglich der sich bildenden Stampffugen wurden gelegentlich des Abbruches einer im Jahre 1912 eingestürzten Mauer der Hemelinger Schleuse in Bremen gemacht. Beim Abbruch des stehengebliebenen Stückes der Mauer stellte man einwandfrei die Fugenlinien der einzelnen Schichten fest. Die Mauer machte den Eindruck, als sei sie aus einzelnen übereinanderliegenden Betonbalken hergestellt. Beim Abbrechen wurde eine Spitzhacke in eine Fuge getrieben und mittels Keile der einzelne Balken abgehoben. Diese Funde lösten schwere Bedenken gegen die Verwendung von Stampfbeton bei Herstellung und Verarbeitung großer Betonmassen aus. Man entschloß sich nach eingehender Prüfung aller in Betracht kommenden Verhältnisse dazu, die etwa 30 000 cbm Beton umfassende neue Mauer aus Gußbeton herzustellen.

Die Bildung der Stampffugen ist auch gelegentlich des Baues der Meppener Schleuse festgestellt. Bei den dort ausgeführten Materialprüfungen wurden Probekörper aus Beton gestampft. Diese stellte man unter sorgfältigster Beobachtung in einem Schuppen her und unterwarf sie nach dem Erhärten verschiedener Proben. Bei der Feststellung der Widerstandsfähigkeit gegen Stoß und Schlag konnte beobachtet werden, daß stets in erster Linie ein Bruch der Schichtfugen eintrat.

Ein bezeichnendes Licht wird durch nachstehenden Vorfall auf die Haltbarkeit des Stampfbetons in den Schichtfugen geworfen. Vor ungefähr zwei Jahren sollte beim Materialprüfungsamt in Lichterfelde ein älteres Stück Stampfbeton, welches aus mehreren Stampfschichten bestand, geprüft werden. Beim Zurechtsägen des Blocks auf das notwendige Maß ging der Block in den Fugen auseinander.

Diese und andere Vorfälle sowie die Beobachtung, daß bei Wasserdichtigkeitsversuchen an Betonkörpern der sonst wasserdichte Körper an den Verbindungsstellen der einzelnen Stampfschichten Wasser durchließ, veranlaßte das Materialprüfungsamt, bei solchen Versuchen den zu prüfenden Körper nicht mehr in Schichten zu stampfen. Die Herstellung erfolgt in der Weise, daß der zu prüfende Körper unter ständiger geringer Materialzugabe in einem Arbeitsgange fertiggestampft wird.

Gelegentlich einer Ausbesserung des Trockendocks V in Kiel in den Jahren 1908 u. 1909 ist eine genaue Untersuchung des mit Hilfe einer Taucherglocke hergestellten Stampfbetons vorgenommen. Es wurde hierbei festgestellt, daß mitten in einer Schicht harter, gut

abgebundener Beton mit solchem wechselte, der weich wie Mergel war. Die Ursache dieser Erscheinung wird darauf zurückgeführt, daß bei der Herstellung zu viel Luft in den Massen zurückblieb, die erst nach und nach entweichen konnte. Da der Beton aber zum Abbinden Wasser und nicht Luft gebraucht, so konnte an den mit Luft gefüllten Stellen ein ordnungsmäßiges Abbinden nicht stattfinden. Bei Verwendung von Gußbeton wäre ein derartiges fehlerhaftes Abbinden nicht erfolgt, denn wenn der Beton von vornherein genügend naß ist, ist das zum Abbinden des Betons notwendige Element vorhanden.

Versuche bezüglich der Scherfestigkeit des Stampfbetons in den Stampffugen sind verschiedentlich angestellt. So z. B. wurde beim Bau eines Trockendocks in Kiel die Feststellung gemacht, daß bei hergestellten Probekörpern nach etwa einem Monat die Scherfestigkeit in den Stampffugen im Mittel 22 vH. gegenüber der sonstigen Scherfestigkeit betrug.

Alle diese Tatsachen beweisen, daß die üblichen Festigkeitsberechnungen kein mit der Wirklichkeit übereinstimmendes Resultat geben können. Es wird stets bei den Berechnungen mit einem einheitlichen Körper gerechnet. Nach den gemachten Feststellungen ist das falsch. Bei den aus Stampfbeton hergestellten Körpern kann gar nicht von einem einheitlichen Körper gesprochen werden. Derselbe muß bei der Berechnung als ein Stoß aufeinandergeschichteter Balken, gemäß Abb. 2, welche im leichten Zusammenhang stehen, eingesetzt werden.

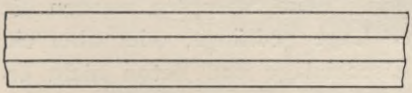

Abb. 2.

Bei einem einheitlichen Körper ist

$$W = \frac{b\,h^2}{6}.$$

Sobald aber der Körper als ein Stoß aufeinandergeschichteter Balken betrachtet wird, ist

$$W = \frac{x\,b\left(\frac{h}{x}\right)^2}{6},$$

wobei x gleich der Zahl der aufeinandergelegten Balken eingesetzt wird.

Auch bei der Berechnung der Scherfestigkeit nach der Formel

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{b\,h},$$

wobei $\tau_{\max}$ die Beanspruchung und Q die wirkende Schub- oder

Scherkraft bezeichnet, muß die lagenweise Schichtung berücksichtigt werden.

In dem oben angeführten Kieler Fall beträgt die Scherfestigkeit aber nur $\frac{22}{100}$ der rechnerisch sich ergebenden Scherfestigkeit.

Diese beiden Beispiele genügen, um zu beweisen, daß infolge der Eigenart des aus Stampfbeton hergestellten Bauwerkes die bisher üblichen Berechnungen eine angebliche Festigkeit vorspiegeln, die gar nicht vorhanden ist.

Als Gegenstück zu der Hemelinger Schleusenmauer muß das Aussehen einer im Jahre 1906 aus Schüttbeton hergestellten Hellingsmauer in Kiel angeführt werden. Infolge baulicher Veränderungen wurde einige Jahre später eine Sprengung dieser Mauer vorgenommen. Es waren irgendwelche Schichtbildungen nicht vorhanden. Die gesprengten Teile zeigten an allen Stellen eine gleichmäßig feste Struktur.

Bei der Herstellung von Eisenbetonbauten sollte Stampfbeton überhaupt nicht zur Anwendung kommen. Ein Stampfen des Betons an den mit Eiseneinlagen versehenen Stellen ist praktisch wertlos, wenn nicht direkt schädlich. Beim Stampfen werden die Eiseneinlagen meistenteils aus ihrer Lage gedrängt, oder aber ein gutes Zusammenwirken zwischen Eiseneinlage und Beton nicht erzielt, da durch das Stampfen ein sogenanntes „sattes Einbetten“ der Eiseneinlage nicht herbeigeführt werden kann. Die noch vielfach zur Anwendung gelangende Methode, Stampfbeton und Gußbeton bei demselben Bauwerk zu benutzen, ist anscheinend daraut zurückzuführen, daß man dort, wo nur Betonspannungen auftraten, eine größere Festigkeit erzielen wollte. Theoretisch ist diese Ansicht zu begründen, bei Verarbeitung großer Betonmassen in der Praxis aber unwesentlich, da die mit Gußbeton erreichten Festigkeiten immer noch vollauf allen Ansprüchen genügen.

Erdfeuchter Beton ist unter allen Umständen dort anzuraten, wo Beton mittels Trichter oder Kasten unter Wasser geschüttet werden soll. Gußbeton kann hierfür auf keinen Fall in Frage kommen, da sich bei dieser Betonart der Zement in Gestalt von Zementmilch beim Gleiten durch das Wasser aus der Betonmasse herauswaschen würde. Es kann also nur Schotter, Kies und Sand an die Verwendungsstelle gelangen. Beim erdfeuchten Beton ist ein solches Auswaschen nicht zu befürchten. Beim Gleiten durch das Wasser wird die in den Hohlräumen des Betons befindliche Luft durch das Wasser verdrängt und so ein durchaus gutes und sicheres Abbinden gewährleistet.

Der Nachteil des Gußbetons, daß er gegenüber dem Stampfbeton bei gleicher Mischung eine geringere Festigkeit besitzt, darf infolge der sonstigen technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Einführung nicht hinderlich sein. Abgesehen davon, daß die Festigkeit durch Zementzusatz erhöht werden kann, muß darauf hingewiesen werden, daß bei Verarbeitung großer Betonmassen die Festigkeit des Gußbetons vollständig genügt und die angebliche größere Festigkeit des Stampfbetons nicht vorhanden ist.

In wirtschaftlicher Beziehung ist es von großer Bedeutung, daß bei Verwendung des Gußbetons, ohne Beeinträchtigung des Materials, die Leistungen bei gleichzeitiger Herabsetzung der Arbeitslöhne bedeutend erhöht werden. Dieses wird durch Verminderung der benötigten Arbeiter und durch den Ausfall der beim Stampfbeton notwendigen Zeit für die Stampfarbeit erzielt.

Ein weiterer Vorteil des Gußbetons ist der, daß bei genauer, sachgemäßer Einschalung die Putzflächen fortfallen können, da sich der flüssige Beton gleichmäßig dicht an die Verschalung legt.

Bei reiflicher Prüfung vorstehender Ausführungen sind folgende Tatsachen als erwiesen anzusehen:

1. Die bisher angenommene größere Festigkeit der Bauwerke aus Stampfbeton gegenüber der Festigkeit der Bauwerke aus Gußbeton ist nicht vorhanden. Dieser Unterschied kommt nur bei Probekörpern zum Ausdruck.
2. Die beim Stampfbeton in den Schichtfugen auftretenden Fehler, Undichtigkeit und Verminderung der Festigkeit, sind Quellen weittragendster Zerstörungen.
3. Der Gußbeton hat gegenüber dem Stampfbeton folgende Vorteile:
   a) gleichmäßige Festigkeit im ganzen Bauwerk,
   b) gleichmäßige Dichtigkeit,
   c) Arbeiterersparnis bei gleichzeitiger Zeitersparnis während der Bauausführung,
   d) schnellere Bauausführung,
   e) Ersparung von Putzflächen.

Unter diesen Umständen ist es selbstverständlich, den Gußbeton als vollwertigen Ersatz für Stampfbeton anzusehen, wobei jedoch nicht ausgeschlossen sein soll, daß der bauleitende Ingenieur von Fall zu Fall die Frage „Gußbeton oder Stampfbeton“ unter Berücksichtigung aller Verhältnisse reiflich erwägt.

III. Laboratoriumversuche und Prüfungsergebnisse.

Zu welchem Zwecke werden in den verschiedenen Laboratorien Versuche mit Stampfbetonkörpern gemacht, und was wird durch die Prüfungsergebnisse erzielt?

Aus den Vorschriften des Königlichen Materialprüfungsamtes zu Lichterfelde, sowie aus verschiedenen anderen Tarifen ist ersichtlich, daß Betonproben allgemein auf Druck- und Zugfestigkeit geprüft werden. Hierbei sind für die Zerreißproben Probekörper von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche und für die Druckproben Würfel von 50 qcm Fläche herzustellen.

Die Herstellung der Probekörper erfolgt in der Weise, daß 180 g des vorschriftsmäßig gemischten Betons in Normalzugformen und 860 g Beton in die Normalwürfelformen gebracht werden. Das Stampfen der Masse erfolgt in einem Hammerapparat mit 150 Schlägen. Die fertiggestampften Körper werden mit den Formen auf einer festen Unterlage in feucht gehaltene bedeckte Kasten gebracht, die Zugproben nach einer halben Stunde und die Druckproben nach 20 Stunden entformt. Etwa 24 Stunden nach dem Stampfen werden die Körper in Wasser von etwa 18° C. gelegt, worin sie bis zur Prüfung liegen bleiben.

Bei genauer Einhaltung vorstehender Vorschriften können natürlich nur erstklassige Probekörper erzielt werden, weil

1. die Masse gleichmäßig durch und durch gestampft wird, infolgedessen die in der Masse enthaltene Luft vollständig entfernt ist,
2. durch das dauernde Feuchthalten ein vollständiges Abbinden des ganzen Probekörpers erfolgt, da das zum Abbinden notwendige Wasser den kleinen Probekörper vollständig durchdringen kann.

Die dann bei den vorzunehmenden Zerreiß- und Druckproben festgestellten Zahlen werden häufig den späteren Berechnungen zugrunde gelegt.

Das ist falsch. Auf der Baustelle kann weder eine sorgfältige Mischung nach Art des Laboratoriumversuches stattfinden, noch bei den Schichten von 25 bis 30 cm ein gleichmäßiges Durchstampfen der ganzen Schicht, wie bei den dünnen Probekörpern, erfolgen. Ebenso ist es unmöglich, den fertiggestampften Betonblock, behufs guten gleichmäßigen Abbindens, vollständig gleichmäßig feucht zu halten. Hieraus ergibt sich, daß die Zug- und Druckfestigkeit bei dem auf der Baustelle hergestellten Betonblock

stets niedriger sein muß als bei den aus gleichem Material hergestellten Probekörpern für die Laboratoriumversuche.

Will man also bei den anzustellenden Versuchen richtige Resultate haben, dann ist es notwendig, für die Versuche Betonkörper unter denselben Verhältnissen herzustellen, wie solches auf der Baustelle geschieht. Aber auch dann werden bezüglich der erzielten Festigkeiten noch kleine Unterschiede auftreten, da es vollständig unmöglich ist, immer eine genau gleichmäßige Stampfarbeit auszuführen.

Nicht aber allein das Stampfen beeinflußt die zu erzielende Festigkeit. Wie bereits erläutert, wird der Probekörper bis zur Ausführung der Zerreiß- und Druckproben in Wasser von etwa 18° C. aufbewahrt. Auch das entspricht nicht den Verhältnissen auf der Baustelle. Die Temperatur schwankt hier ganz bedeutend. Es kommt besonders im Herbst und Frühjahr sehr oft vor, daß die Unterschiede zwischen Tag- und Nachttemperatur 10° und mehr betragen. Wie nun Versuche ergeben haben, beeinflußt die Temperatur das Erhärten des Betons bedeutend.

Diese Versuche wurden durchgeführt mit Würfeln aus Beton 1 : 2 : 4 und 10 vH. Wasser. Für die untersuchten Würfel ergaben sich bei einer Temperatur von 15 bis 20° C. für die Altersstufen 7, 14 und 21 Tage ungefähr 50, 75 und 90 vH. der Festigkeit nach 28 Tagen. Dagegen wurde die Festigkeit der Würfel, die eine Woche lang bei 15 bis 20° C. erhärteten, etwa doppelt so hoch gefunden, wie die Festigkeit der bei — 1 bis + 4,5° C. erhärteten Würfel (siehe Abb. 2a).

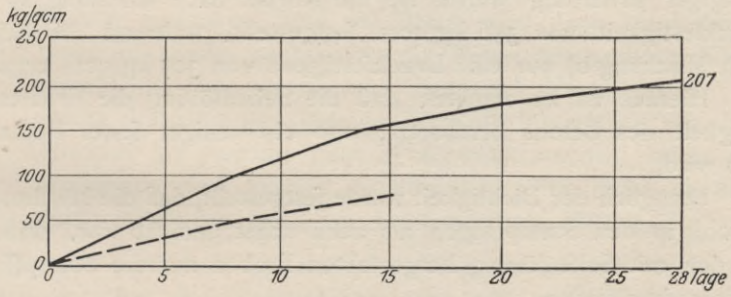

Abb. 2a.

Hiernach ist nicht abzuleugnen, daß infolge der Unterschiede zwischen den Laboratoriumfeststellungen und den tatsächlichen Ergebnissen auf der Baustelle schwerwiegende Fehler entstehen können. Diese beim Stampfbeton auftretenden gefährlichen Unterschiede zwischen Laboratoriumbeton und Baustellenbeton können beim Gußbeton, wenn im Laboratorium mehr auf die Temperatur

an der Baustelle Rücksicht genommen wird, nicht auftreten. Bei Verwendung von Rohstoffen gleicher Güte und gleicher Mischung werden sich die im Laboratorium gegossenen Körper bezüglich Festigkeit und Dichtigkeit mit den auf der Baustelle hergestellten Körpern vollständig decken.

Hieraus ergibt sich, daß die Laboratoriumergebnisse bezüglich der Druck- und Zugfestigkeit des Stampfbetons nur ganz bedingt oder überhaupt nicht, dagegen für Gußbeton voll und ganz als maßgebende Unterlage für den auszuführenden Bau benutzt werden können. Denn was nutzen die im Laboratorium mit größter Sorgfalt für den Stampfbeton festgestellten hohen Festigkeitszahlen, wenn die Gefahr besteht, daß bei Ausführung des Baues beim Gebrauch gleicher Rohmaterialien wie beim Laboratoriumversuch nur Bruchteile der erwarteten Festigkeit erzielt werden.

Zur Beseitigung der beim Stampfbeton auftretenden Undichtigkeiten sind Versuche mit Zusätzen von wasserdicht machenden Substanzen durchgeführt. Hierbei hat sich ein Zusatz von Seifenwasser sehr vorteilhaft erwiesen?

Das Königliche Materialprüfungsamt in Lichterfelde fertigte zur Durchführung dieser Versuche nachstehende Mischung an:

a) 1 Teil Zement, $2^1/_2$ Teile Sand, 4 Teile Kies und $6^1/_2$ vH. Leitungswasser;

b) 1 Teil Zement, $2^1/_2$ Teile Sand, 4 Teile Kies und $6^1/_2$ vH. Seifenwasser.

Das Seifenwasser wurde aus gewöhnlicher Schmierseife hergestellt, wobei 20 g Seife auf 1 l Wasser genommen wurden. Nach 28tägiger Erhärtung wurde für die Körper nach Mischung a) eine Druckfestigkeit von 346 kg/qcm festgestellt, während die Körper nach Mischung b) nur eine Druckfestigkeit von 305 kg/qcm ergaben.

Hieraus ist zu ersehen, daß die Seifenlösung die Erhärtungsfähigkeit des Betons herabsetzt, also ein weniger fester Beton erzielt wird.

Bezüglich der Dichtigkeit wurde festgestellt, daß die Mischung a) sowohl in den Stampffugen als auch sonst undicht war, während bei den mit Seifenlösung hergestellten Proben nur die Stampffugen Wasser durchließen.

Durch diesen Versuch ist bewiesen, daß Dichtungszusätze zu den Mischungen des Stampfbetons die Stampffugen nicht dicht machen.

Die im Jahre 1914 vom Königlichen Materialprüfungsamt in Lichterfelde vorgenommenen Versuche über die zweckmäßige Zusammensetzung des Betongemenges für Eisenbeton können, soweit sich dieselben auf flüssigen Beton erstrecken, als wegweisende Ver-

suche für Gußbeton angesehen werden. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Heft 29 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton von Herrn Professor Gary, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt, bekanntgegeben.

Bezüglich der Wasserzusätze, welche zu nehmen sind, um den Beton flüssig zu gestalten, wird auf S. 5 des genannten Heftes folgendes ausgeführt:

> „Über die zu verwendenden Wasserzusätze, die nach dem Gefühl bestimmt werden sollten, wurde Einheitlichkeit der Ansichten erzielt. Nachträglich tauchten aber in den Kreisen der Betonindustrie Bedenken auf. Man hatte festgestellt, daß bei den Probemischungen nach der Einschüttung des flüssigen Betons in die Eisenformen kaum Ausscheidungen von Wasser stattfanden und sich auch nachträglich nur wenig Wasser an der Oberfläche absetzte, und zog daraus den Schluß, daß ein solcher Beton als flüssiger Beton, wie er vielfach für Eisenbeton, besonders bei starker Eisenbewehrung, angewendet wird, noch zu wenig Wasser enthält. Es wurde angenommen, daß das verwendete Kiessandmaterial bei der Verarbeitung ziemlich trocken war und noch nachträglich Wasser aufgesaugt hat. Man war sich darüber einig, daß sich der Wasserzusatz nicht für alle Materialien vorweg nach Prozenten feststellen läßt, sondern daß es hierbei auf das Gefüge ankommt und auf die Eigenart des verwendeten Materials. Beispielsweise wird Isarkies, wenn er mit viel Wasser angemacht wird, nach kurzer Zeit viel Wasser einsaugen, und der Beton wird dann einen trockneren Eindruck machen als der Beton aus anderen Materialien, der von vornherein ebensoviel Wasser hatte. Es wurde deshalb Sorge getragen, daß die Materialien vor dem Mischen mit Zement gehörig angenäßt wurden, damit ein Aufsaugen von Wasser nachträglich nicht mehr in dem Maße stattfinden kann, wie bei trockenem Material.“

Hieraus geht hervor, daß der Wasserzusatz bei Gußbeton je nach der Art des Rohmaterials von Fall zu Fall festgesetzt werden muß.

Die Firma Gebr. Rank in München, welche seit einiger Zeit Bauten größeren Umfanges in Gußbeton ausführt, hat auch durch Versuche festgestellt, daß der Wasserzusatz unter Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgrades der angelieferten Rohmaterialien, des verwendeten Kiesmaterials und des Mischungsverhältnisses von Fall zu Fall festzustellen ist.

Es decken sich also in diesem Falle die Laboratoriumerfahrungen mit den praktischen Erfahrungen auf der Baustelle.

Bezüglich der erzielten Druckfestigkeit bei den Versuchen des Königlichen Materialprüfungsamtes sei erwähnt, daß dieselbe bei 28 Tage alten Probewürfeln, bestehend aus einer Mischung von 1 Teil Zement, 4 Teilen (70 Gew. Sand und 30 Gew. Kies) Löcknitzer Kies und 10 vH. Wasserzusatz, bei einer Seitenlänge des Probekörpers von 30 cm ungefähr 210 kg/qcm und bei 20 cm Körperseitenlänge ungefähr 217 kg/qcm betrug.

Die bereits genannte Firma Gebr. Rank ist bei ihren Versuchen mit Gußbeton zu ähnlichen Ergebnissen gekommen. Beim Neubau der Versicherungsanstalt Arminia in München wurde ein Gußbeton, bestehend aus 1 Teil Dyckerhoffschen Portlandzement, 2 Teilen unsortiertem Grubenkies, 2 Teilen gequetschtem Grubenkies und 1 Teil Grubensand in leicht flüssiger Form benutzt. Die angefertigten Probewürfel ergaben im Alter von 45 Tagen eine Druckfestigkeit von 220 kg/qcm und im Alter von 88 Tagen eine Druckfestigkeit von 275 kg/qcm.

Gemäß der schon mehrfach erwähnten neuen Vorschriften für Ausführung von Bauwerken aus Beton wird für den zu verwendenden Beton, auch wenn flüssig gemacht, nach 28 Tagen Erhärtung eine Würfelfestigkeit von mindestens 150 kg/qcm und nach 45 Tagen von mindestens 180 kg/qcm verlangt. Ist der Beton für Säulen oder Stützen bestimmt, so muß die Würfelfelfestigkeit nach 28 Tagen mindestens 180 kg/qcm und nach 45 Tagen mindestens 210 kg/qcm betragen.

Die Versuche des Materialprüfungsamts und die angeführten Versuche der Gebr. Rank beweisen, daß mit Gußbeton die verlangte Mindestdruckfestigkeit von 180 kg/qcm nach 28 Tagen und von 210 kg/qcm nach 45 Tagen erreicht wird. Es ist hiermit der Beweis erbracht, daß das dem Gußbeton entgegengebrachte Mißtrauen ungerechtfertigt ist.

Zum Schluß darf nicht unerwähnt bleiben, daß in Amerika bei Herstellung der staatlichen Bewässerungsanlagen sehr magere Gußbetonmischungen zur Verwendung gelangen. Während man beim Bau des Engledammes in Neu-Mexiko noch im Verhältnis 1 : 9 mischte, wurde im Jahre 1914 beim Bau des Arrowrockdammes eine Mischung von 1 : 11 verwendet.

IV. Einrichtungen für Gußbetonarbeiten.

Charakteristisch für die Einrichtungen zur Herstellung von Hochbauten aus Gußbeton ist der sogenannte Verteilungsturm. Von

einem in entsprechender Höhe eines solchen Turmes angebrachten Trichter wird der Gußbeton mittels Röhren zur Verwendungsstelle geleitet. Bei Herstellung von Tiefbauten, Untergrundbahnen usw. ist die Anordnung eines derartigen Verteilungsturmes nicht notwendig. In diesem Falle werden die Mischmaschinen zweckmäßig an der Baugrube entlang verfahrbar angeordnet.

Die Einrichtung einer Gußbetonanlage für Hochbauten besteht aus:

a) dem Verteilungsturm,
b) der Mischmaschineneinrichtung und
c) dem Rinnensystem.

Nachstehend sind einige ausgeführte Anlagen näher beschrieben.

Die im Jahre 1910 der Firma Concrete Appliances & Co. erteilten amerikanischen Patente Nr. 948719, 948723 und 948746 behandeln in der Hauptsache die Einrichtung des Turmes und seiner Zubehörteile.

Abb. 4.

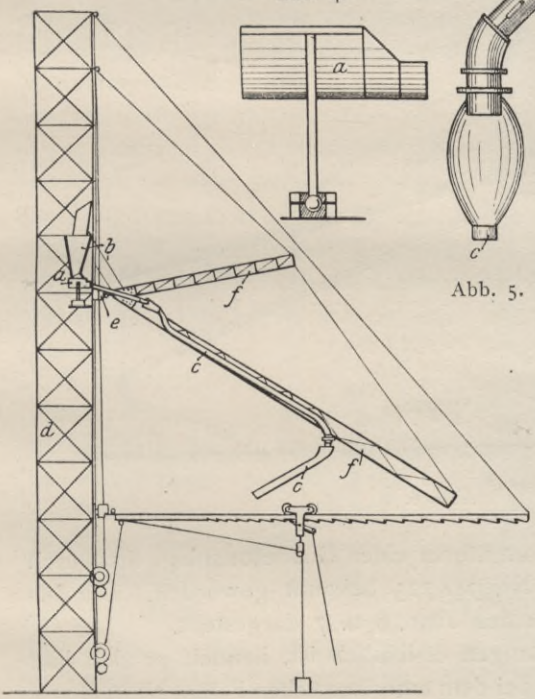

Abb. 3.

Abb. 5.

Das amerikanische Patent Nr. 948719 ist in den Abb. 3, 4 u. 5 dargestellt. Die Abb. 3 zeigt die Gesamtanordnung des Turmes mit Verteilungsrinnen. Die Abb. 4 zeigt in einer Seitenansicht die kugelgelenkartige Befestigung des beweglichen Verteilungskastens *a*, welcher den vom Trichter *b* zugeführten Beton aufnimmt und dem Verteilungsrohr *c* zuführt. Die Abb. 5 zeigt eine Rohrverbindung, welche zwei Rohrstücke zusammenhält.

Die Einrichtung ist folgende: Am Turm *d* ist das Kopfstück *e* in der Höhenrichtung verstellbar angeordnet. Das Kopfstück *e* trägt den Trichter *b*, das Verbindungsstück *a* sowie die Auslegeranordnung *f*, welche das Röhrensystem *c* trägt. Beim Heben und Senken des Kopfstückes *e*

wird also die ganze Einrichtung mitgenommen. Der Beton wird am Fuße des Turmes gemischt und die fertige Masse in beliebiger Weise gehoben. In den Trichter *b* entleert, fließt die Betonmasse gleichmäßig durch die Rinnen *c* zur Verwendungsstelle. Der Ausflußwinkel der Verteilungsrohre *c* wird durch Heben und Senken der Ausleger eingestellt.

Bei der vorliegenden Einrichtung werden geschlossene Rohre und geschlossene Rohrverbindungsstücke benutzt. Diese haben den Nachteil, daß sie sich leicht verstopfen und bei einer Verstopfung die Feststellung der betreffenden Stelle erschweren.

Die Patentansprüche beziehen sich auf die Konstruktion des Turmes mit Trichter, Ausleger und Auslaufrinnen, sowie der Beweglichkeit der Rinnen.

Die Beweglichkeit der Rinnen ist notwendig, um den flüssigen Beton innerhalb eines durch die Länge der Rohre bestimmten Aktionsradius überall der Baustelle zuführen zu können.

Abb. 7.

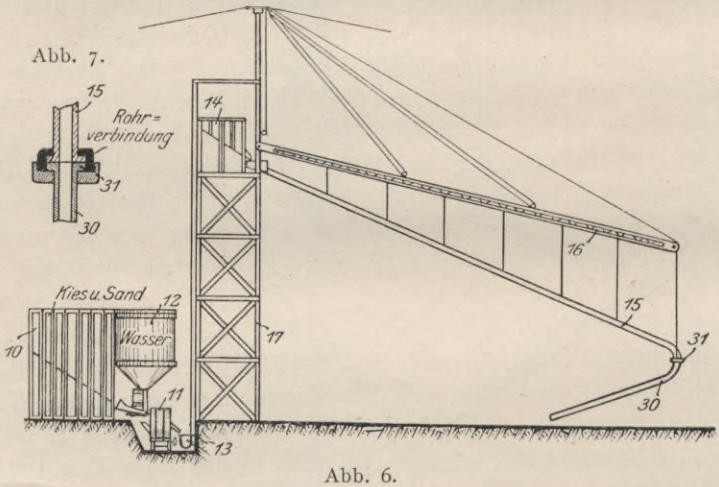

Abb. 6.

Eine weitere Ausführungsform einer Gußbetonanlage ist durch das amerikanische Patent Nr. 948 723 bekannt geworden. Die betreffende Einrichtung ist in den Abb. 6 u. 7 dargestellt.

Wie aus den Darstellungen ersichtlich ist, handelt es sich hier um dieselbe Grundidee wie bei dem amerikanischen Patent Nr. 948 719.

Die Einrichtung ist so getroffen, daß Kies und Sand in abgepaßten Mengen aus dem Behälter *10* der Mischmaschine *11* zugeführt werden. Der Zement wird in entsprechenden Teilen von Hand zugeschüttet. Das notwendige Wasser fließt aus dem Behälter *12* zu. Zum Hochbringen der fertigen Mischung ist ein Elevator *13* vorgesehen, dem die Mischung aus Mischmaschine *11*

zugeführt wird. Der Elevator *13* entleert die flüssige Betonmasse in den Behälter *14*. Von hier aus gelangt der Beton in das Verteilungsrohr *15*. Das Verteilungsrohr selbst hängt an einem schwenkbaren Ausleger *16*, welcher drehbar und in der Höhenrichtung verstellbar am Turm *17* gelagert ist. Die Konstruktion des Verbindungsstückes *31*, welches die beiden Rohre *15* und *30* miteinander verbindet, ist in Abb. 7 dargestellt. Die Einrichtung dieser Verbindung ist sehr einfach und besteht aus zwei mit Gewinde versehenen Überwürfen, die die beiden mit Flanschen versehenen Rohrenden zusammenhält.

Der Patentanspruch dieses Patentes bezieht sich in der Hauptsache auf die Elevatorenanordnung zum Hochbringen des Betons und auf die starke Neigung des Bodens im Kasten *14*. Durch letztere Anordnung soll ein gutes Fließen des Betons herbeigeführt werden.

Gegenüber den beiden vorgenannten Patenten bedeutet die Einrichtung gemäß des amerikanischen Patents Nr. 948 746 eine Verbesserung des Systems. Die Einrichtung ist in den Abb. 8, 9 und 10 dargestellt.

Auf einer Grundplatte *a* ist die Platte *b* mit dem Turm *c* drehbar angeordnet. Der Turm besteht aus Holz. Zum Hochbringen des fertig gemischten Betons werden im Inneren des Turmes die Gefäße *d* benutzt, welche die Betonmasse in den Trichter *e* entleeren. Der Trichter *e* ist in Abb. 9 zur besseren Erläuterung der Einrichtung in vergrößertem Maßstab dargestellt. Mittels Hebels *f* wird der besondere Verschluß *g* des Trichters *e* bewegt. Das Verteilungsrohr *h* ist ohne Zwischenstück direkt unterhalb des Mund-

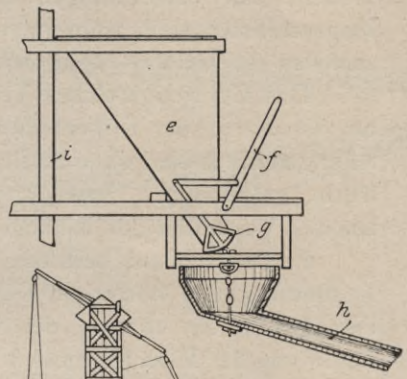

Abb. 9.

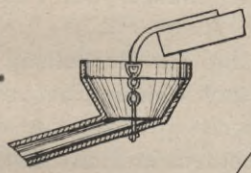

Abb. 10.

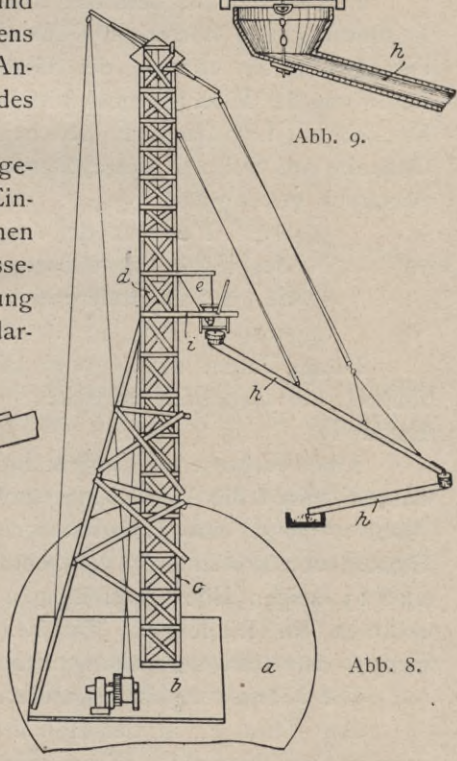

Abb. 8.

stücks des Trichters *e* mittels einer Kette derart aufgehängt, daß ein Drehen des Rohres *h* ermöglicht wird. In gleicher Weise ist, wie aus Abb. 10 ersichtlich, die Verbindung zwischen den einzelnen Rohren hergestellt. Während bei den beiden vorgenannten amerikanischen Patenten Nr. 948 719 und 948 723 das Verbindungsstück der Rohre vollständig dicht war, ist bei dem Patent Nr. 948 746 eine offene Rohrverbindung geschaffen. Diese Einrichtung hat den Vorteil, daß Verstopfungen an den Verbindungsstellen überhaupt ausgeschlossen sind, während bei Verstopfung der Rohre sofort festzustellen ist, welches Rohr verstopft ist.

Das Gerüst *i*, welches Trichter und Verteilungsrohre trägt, ist am Turm *c* in der Höhenrichtung verstellbar aufgehängt. Die Verteilungsrohre *h* sind ohne Ausleger, einfach mittels Flaschenzüge, am Turm aufgehängt. Diese Anordnung gestattet ein schnelles und leichtes Verstellen der Rinnenneigung.

In Deutschland bestehen keine Patente auf Einrichtungen zur Ausführung von Bauten in Gußbeton. Jedoch ist in der deutschen Patentschrift Nr. 237 995 der Gedanke zum Ausdruck gekommen, Beton von der Mischtrommel mittels Rinnen nach einer tiefergelegenen Baustelle zu befördern. In den beigegebenen Ansprüchen ist dieser Gedanke am Schlusse des Anspruchs 3 in nachstehender Form zum Ausdruck gekommen:

> „. . . und an der Abgabeseite der Betonmaschine eine in der Höhe einstellbare, mittels Rollen geführte Rutsche sowie eine die letztere in ihrer Hochstellung speisende Schale angeordnet ist.“

Dieses Patent datiert vom Jahre 1909, ist aber wegen Nichtzahlung der Gebühren erloschen. Inhaber des Patents waren zwei Engländer.

Eine verbesserte Einrichtung zur Herstellung von Gußbetonbauten bringt die Wylie Company Chicago auf den Markt. Die Abb. 11 zeigt eine Gesamtanordnung dieser in den Vereinigten Staaten von Nordamerika viel gebrauchten Einrichtung. Die Abb. 12 und 13 zeigen Einzeldarstellungen des Rinnensystems, wobei die Abb. 12 ein Rinnenpaar mit Rohrgelenk und die Abb. 13 einen Schnitt der Rinnenanordnung in Richtung *a—b* zeigt.

Die Einrichtung ist folgende:

Am Turm *c*, in der Höhenrichtung verstellbar, ist der Gleitrahmen *h* angebracht. Dieser trägt den Ausleger *f* und den Betontrichter *e*. Der am Gleitrahmen *h* schwenkbar angebrachte Ausleger *f* ist als Träger für das Rinnensystem ausgebildet. Der Turm kann aus Holz hergestellt werden. Zum Hochbringen des fertigen Gußbetons werden Elevatoren gebraucht, die den Beton in den

Trichter *e* entleeren. Durch Einschaltung kleinerer Türme *d* kann das Rinnensystem beliebig erweitert werden. Die Gelenke der Rinnen gestatten horizontale Kreisbewegungen. Der Ausleger bestreicht einen Halbkreis.

Die Rinnen sind offen, halbrund und etwa 355 mm breit. Diese Größe reicht für Betonmischer von 0,76 cbm aus. Die Gelenke umschließen einen vollen Kreis. Im Inneren der Gelenke be-

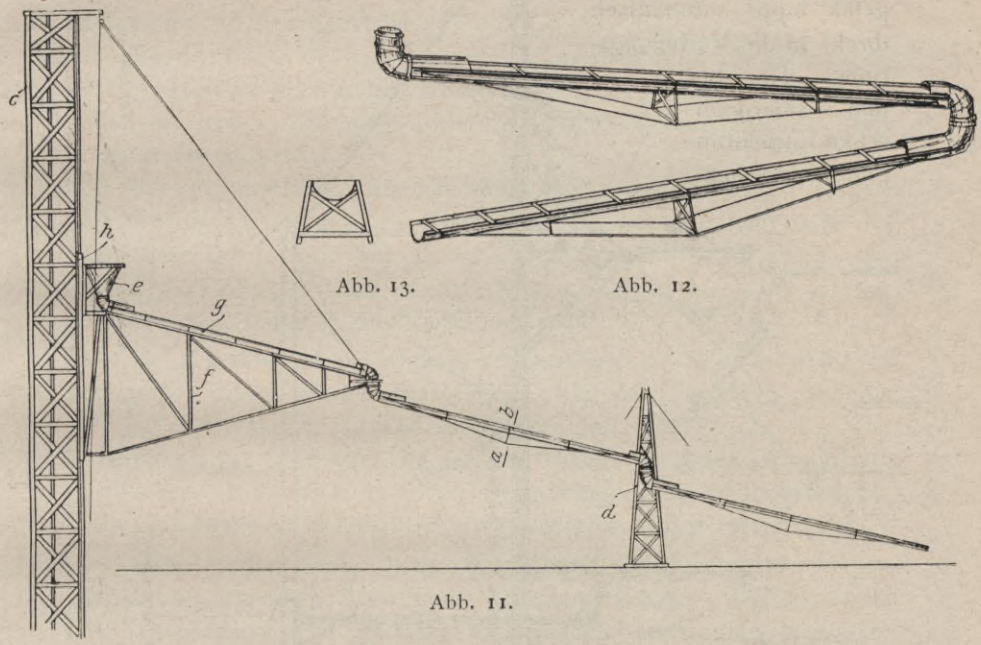

Abb. 13. Abb. 12.

Abb. 11.

finden sich keinerlei Bolzen oder Befestigungsteile. Infolgedessen bleibt in den Kniestellen ein großer offener Weg für den Beton, wodurch ein Verstopfen verhindert wird.

Die Abb. 14 zeigt das Schema einer fahrbaren Einrichtung für Gußbetonbauten in Seitenansicht, wobei die ganze Mischmaschinenanlage, der Turm, die Entleerungsvorrichtung und die Verteilungsrinnenaufhängung auf einem Wagen montiert sind. Diese Anordnung wird in Amerika bereits vielfach benutzt und ist auch vor einiger Zeit von den „Draiswerken“ in Mannheim für eine deutsche Firma gebaut. Dieses System ist für Tiefbauten und Untergrundbahnen geeignet.

Die Einrichtung ist folgende:

Auf einem die ganze Mischanlage tragenden Wagen ist ein den jeweiligen Verhältnissen entsprechendes hohes Gerüst montiert. Am Vorderteil des Gerüstes ist verschiebbar ein Rahmen vorgesehen. Der Rahmen trägt den Ausleger zum Halten der Verteilungsrinnen

sowie die Kippvorrichtung für das die fertige Mischung transportierende Gefäß. Die höchste und tiefste Stellung des Auslegers ist eingezeichnet. Das Transportgefäß wird mit einer Geschwindig keit von 20 m/Min. hochgezogen. Das Transportgefäß kippt automatisch direkt in die Verteilungsrinne. Der bei den amerikanischen Einrichtungen vorgesehene

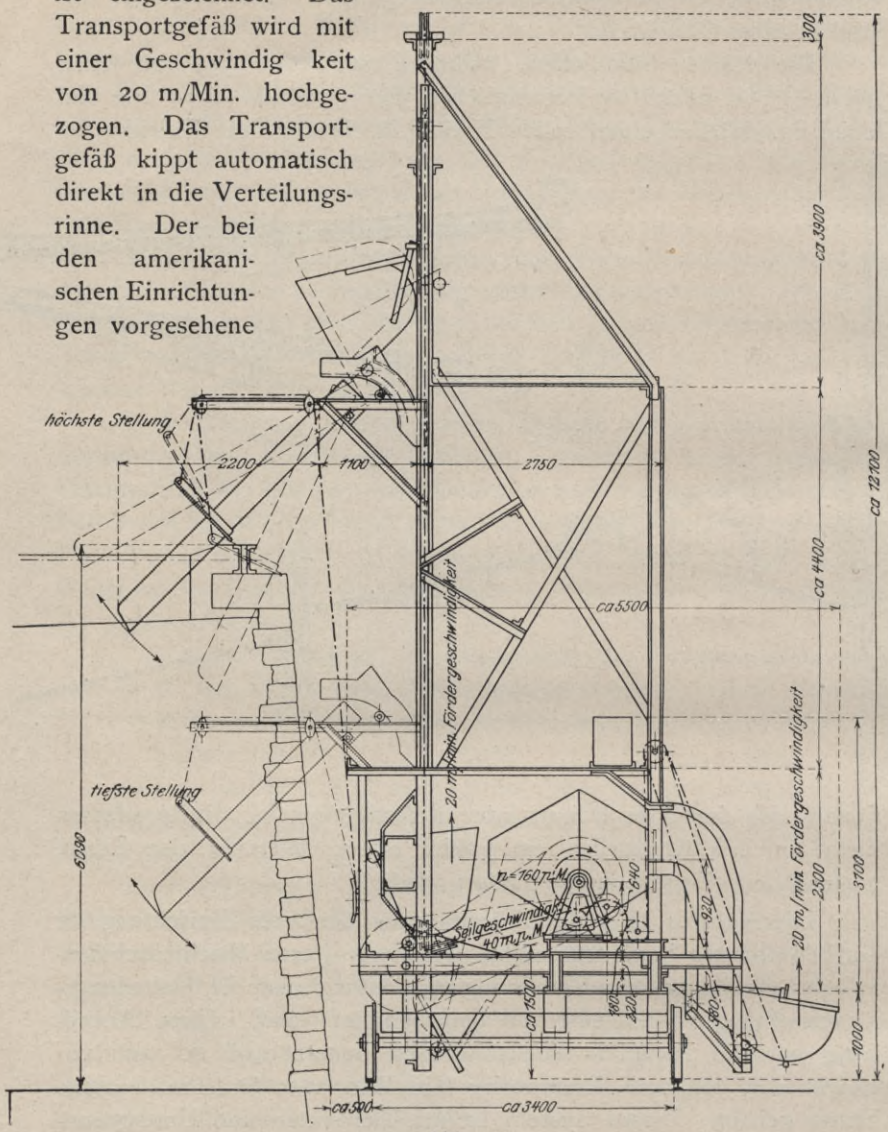

Abb. 14.

Trichter ist bei der vorliegenden Anordnung fortgefallen, weshalb auch der dort stets vorhandene Arbeiter zur Bedienung des Trichters im vorliegenden Falle überflüssig ist.

Bestimmte Vorschriften für die Turmanordnungen können nicht gegeben werden. Die Höhe des Turmes richtet sich nach der Höhe

des herzustellenden Bauwerks. Die übrigen Abmessungen des Turmes hängen wiederum von der Höhe des Turmes ab und auch davon, ob die Mischmaschine auf dem Turm selbst untergebracht werden soll. Als Baumaterial für den Turm kann beliebig geeignetes Material benutzt werden.

Von größter Wichtigkeit für die Güte des Betons sowie auch für eine schnelle Arbeit ist die Wahl der Mischmaschine und die Aufstellung an der Baustelle.

Bei den bisher bekanntgewordenen amerikanischen Einrichtungen für Gußbeton ist die Mischmaschine am Fuße des Turmes angeordnet, wobei die fertige Mischung mittels geeigneter Transportgefäße nach oben gefördert wird.

Die Firma Gebr. Rank in München, welche sich seit einiger Zeit mit der Herstellung von Bauten aus Gußbeton befaßt, setzt die Mischmaschine in eine am Turm auf- und abfahrbare Kabine, befördert die Rohmaterialien in diese Kabine, mischt hier und entleert die Trommel direkt in die Verteilungsrinne.

Bei der Anordnung einer Mischmaschine auf dem Turm ist es notwendig, diesen stärker auszuführen, weil der Turm ein größeres Gewicht aufzunehmen hat und auch durch das Arbeiten der Maschine Erschütterungen hervorgerufen werden. Weiter muß die Grundfläche des Turmes größer sein, da für die Unterbringung der Mischmaschine, sowie zur Bedienung derselben ein größerer Raum notwendig ist.

Eine weitere und dritte Möglichkeit bezüglich der Mischvorrichtung wäre die Anordnung einer wandernden Mischtrommel. Die Einrichtung ist so gedacht, daß die Rohmaterialien unten am Fuß des Turmes in eine aufziehbare Mischtrommel gebracht werden. Die Trommel wird geschlossen und am Gerüst des Turmes hochgezogen, wobei sich die Trommel behufs Mischung der Materialien dreht. Der Wasserzusatz kann an geeigneter Stelle während des Hochziehens automatisch erfolgen. Oben angelangt, erfolgt eine direkte Entleerung der Trommel in die Verteilungsrinne. Es darf aber zu einer derartigen Anordnung nicht geraten werden, da

1. diese Konstruktion für eine Baumaschine zu kompliziert wird,
2. die Zahnstangen und Zahnräder für die Drehung der Trommel während des Hochziehens in kurzer Zeit durch den Beton so verschmutzt werden, daß der Betrieb stocken muß,
3. die veränderliche Höhenlage des Trichters für das Verteilungsrohr die Anzahl der Trommelumdrehungen beeinflußt, so daß beim Betonieren der Fundamente zu wenig

Umdrehungen und beim Betonieren der höheren Stockwerke vielleicht zu viele Trommelumdrehungen stattfinden.

Bewährt hat sich bis jetzt die Anordnung der Mischmaschinenanlage am Fuße des Turmes. Nur diese Einrichtung ist bis jetzt in Amerika und Frankreich bei Hochbauten zur Anwendung gekommen. Für Tiefbauten, Untergrundbahnen usw. dürften Einrichtungen gemäß Abb. 14 zu empfehlen sein.

Bezüglich der Art der zu verwendenden Mischmaschinen bei Gußbetonbauten sind verschiedene Versuche gemacht. Beteiligt waren daran die Maschinen der Firmen Gauhe u. Gockel, die Ransome-Mischmaschinen und die Drais-Mischmaschinen.

Vergleichende Übersicht einiger Abmessungen der genannten drei Maschinen mit Hebewerk und Windwerk zum Hochziehen des Betons:

Art der Mischmaschine	Höhe m	Länge m	Einschüttöffnung mm	Kraft PS.	Gewicht kg	Trommelumdrehungen p. Min.	Trommelfüllung l
Gauhe u. Gockel .	5,4	6,15	380	12	12 500	12	750
Ransome[1]) . . .	4,3	3,25	600	15	5 300	15	600
Drais	4,3	4,68	405	11	10 000	14	750

[1]) Die Angaben der Ransome-Maschine sind für eine solche ohne Windwerk zum Hochziehen des Betons.

Die bekannte Gauhe-Gockel-Mischmaschine (Abb. 15) ist in der bestehenden Ausführungsform für Gußbeton nicht zu gebrauchen. Der Hauptnachteil der Maschine ist der, daß der Deckel der Trommel für Gußbeton nicht genügend dicht schließt. Bei der Rotation der Trommel findet ein Auslaufen der Zementmilch statt, wodurch eine schlechte, viel zu magere Betonmischung entsteht.

Die Verwendung einer solchen undichten Maschine steht auch mit den bestehenden Bestimmungen im Widerspruch. Im § 9 der Bestimmungen für Gußbeton heißt es ausdrücklich:

„Das Mischen der Gußbetonmasse muß in dicht schließenden Maschinen geschehen, um ein Auslaufen des Mörtels während des Mischens zu verhindern".

Ein weiterer Nachteil der Gauhe-Gockel-Mischmaschinen besteht darin, daß die Trommel die ganze Betonmasse auf einmal entleert. Die Betonmasse soll sich in einem gleichmäßigen Strom in den Trichter oder direkt in die Verteilungsrinne ergießen. Durch die plötzliche übergroße Entleerung kann sehr leicht ein Verstopfen

des Trichters und der Verteilungsrinne eintreten. Auch spritzt der Beton bei der plötzlichen scharfen Entleerung umher, wodurch Material verloren geht und die Umgebung stark beschmutzt wird.

Bei besonders engen Bauplatzverhältnissen sind auch die großen Abmessungen der Gauhe-Gockelschen Mischmaschinen hinderlich.

Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß sich die Gauhe-Gockel-Mischmaschine für Stampfbeton ausgezeichnet bewährt hat.

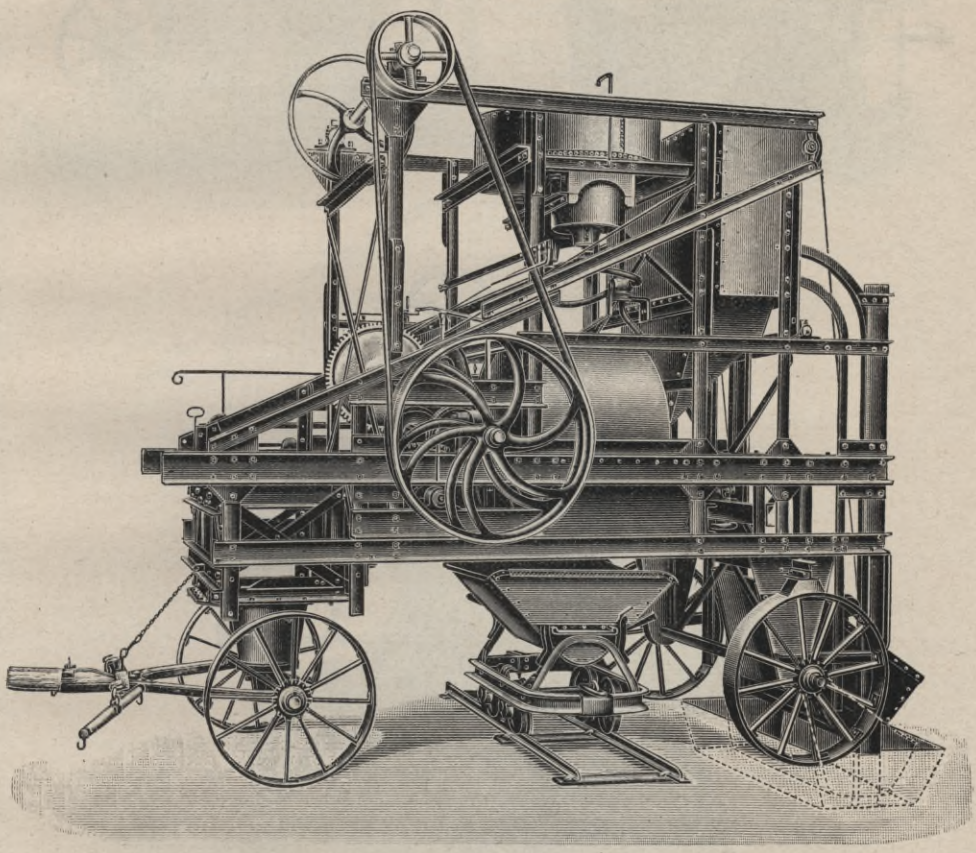

Abb. 15.

Die Ransome-Mischmaschine hat gegenüber der Gauhe-Gockelschen Maschine zunächst den Vorteil, daß die Trommel durchaus dicht ist. Weiter beansprucht diese Maschine weniger Raum, wie aus Tabelle 2 hervorgeht. Infolge der eigenartigen Entleerungseinrichtung aber dürfte die Ransome-Mischmaschine für Gußbetonarbeiten weniger brauchbar sein. Die Entleerung erfolgt durch eine besondere, in die Entleerungsöffnung der Trommel hineinreichende Entladerinne *a*. Diese Entladerinne *a* wird mittels eines besonderen

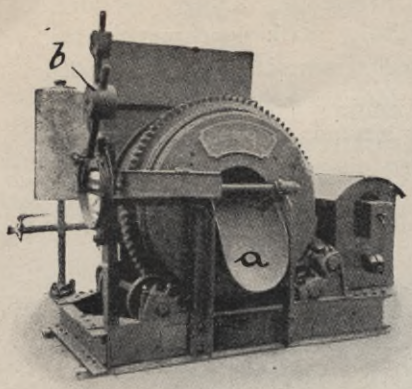

Abb. 16.

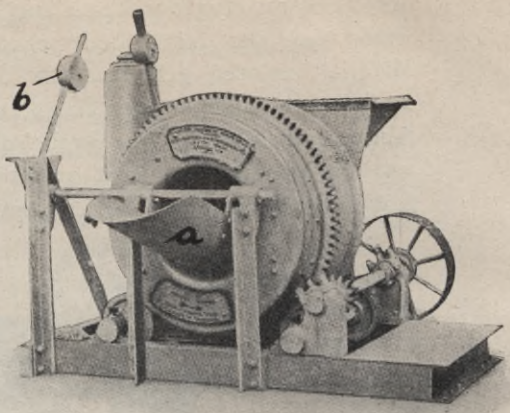

Abb. 17.

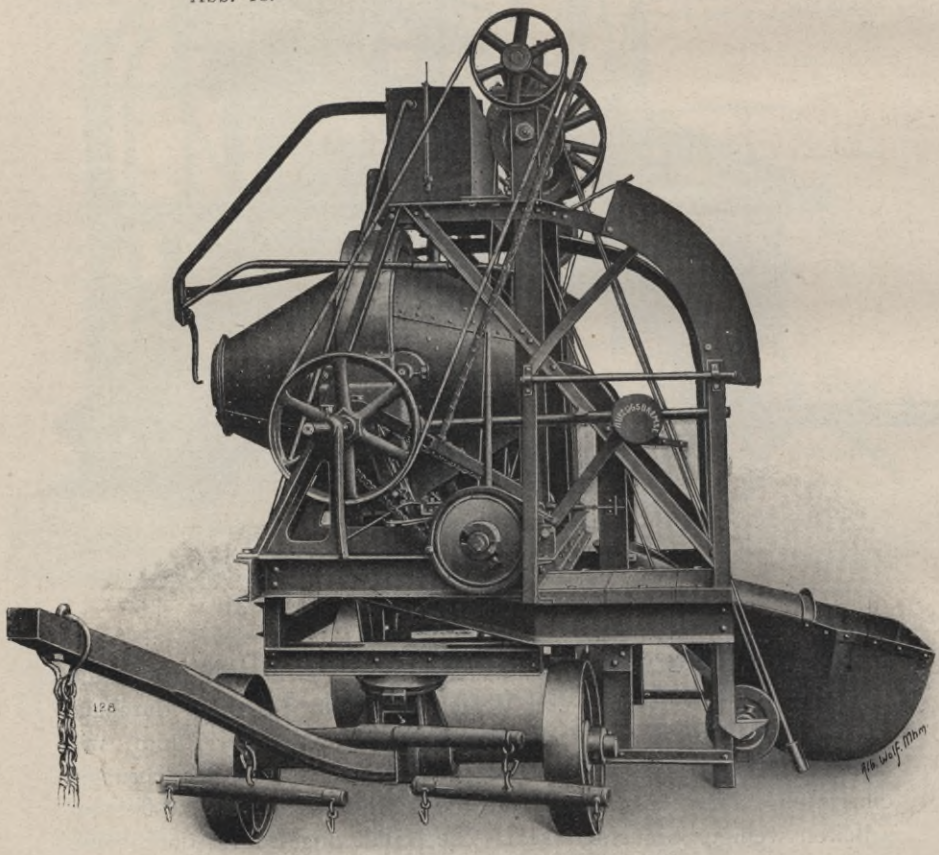

Abb. 18.

Hebels *b* derart eingestellt, daß bei Entleerung die Rinne *a* in einem bestimmten Winkel nach unten steht.

Die Abb. 16 zeigt eine Ransome-Mischmaschine mit einer zum Entleeren eingestellten Rinne, während bei Stellung der Rinne *a* gemäß Abb. 17 ein Entleeren nicht stattfindet.

Die im Inneren der Trommel vorgesehenen Schaufeln führen das Mischgut während der Drehung der Trommel der Entleerungsrinne zu, worauf das Mischgut auf der geneigten Rinne *a* aus der Trommel herausfließt. Hierdurch entsteht eine schaufelweise Entleerung, die für Gußbeton unangebracht ist. Der Gußbeton fließt nämlich hierbei nicht in einem dicken gleichmäßigen Strom zur

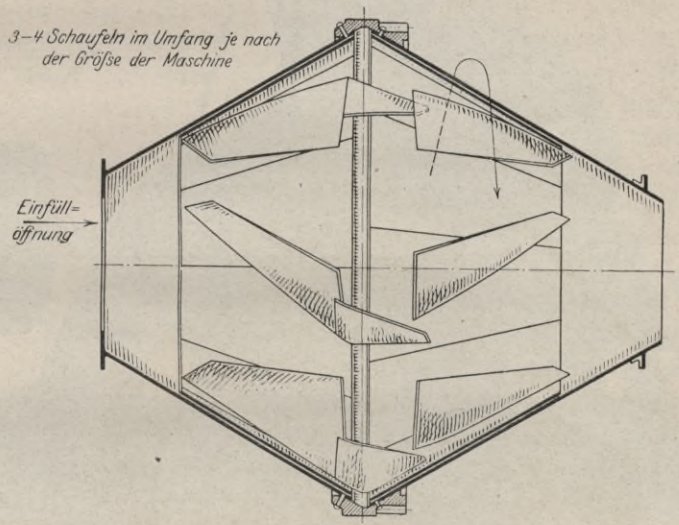

Abb. 19.

Verwendungsstelle, sondern wird als dünnes Betonband auseinandergezogen. Die Folge ist, daß starke, schwere Schotterstücke liegen bleiben, also eine gewisse Entmischung entsteht.

Die für Gußbetonarbeiten sonst geeignete Mischmaschine kann also infolge der schaufelweisen Entleerung für Gußbetonbauten weniger in Frage kommen.

Die Drais-Mischmaschine wird seit Jahren bei den amerikanischen Einrichtungen für Gußbetonbauten benutzt. Auch bei Bauausführungen in Frankreich und Deutschland ist diese Mischmaschine zur Anwendung gelangt. Es soll daher dieselbe hier eingehender besprochen werden. Die Abb. 18 zeigt eine fahrbare Drais-Mischmaschine mit einer Trommelfüllung von 750 l, während Abb. 19 die Anordnung der Schaufeln im Inneren der Trommel für Gußbeton darstellt.

Die Trommel besitzt eine doppelkonische Form und wird durch ein Paar konische Räder, die in einen um die Trommel gelagerten Zahnkranz eingreifen, angetrieben. Die Trommel lagert in in einem Rahmen und kann beliebig gekippt werden, während sie sich um ihre Achse dreht. Die Abb. 20 zeigt eine behufs Entleerung gekippte Trommel. Die Materialien werden durch einen

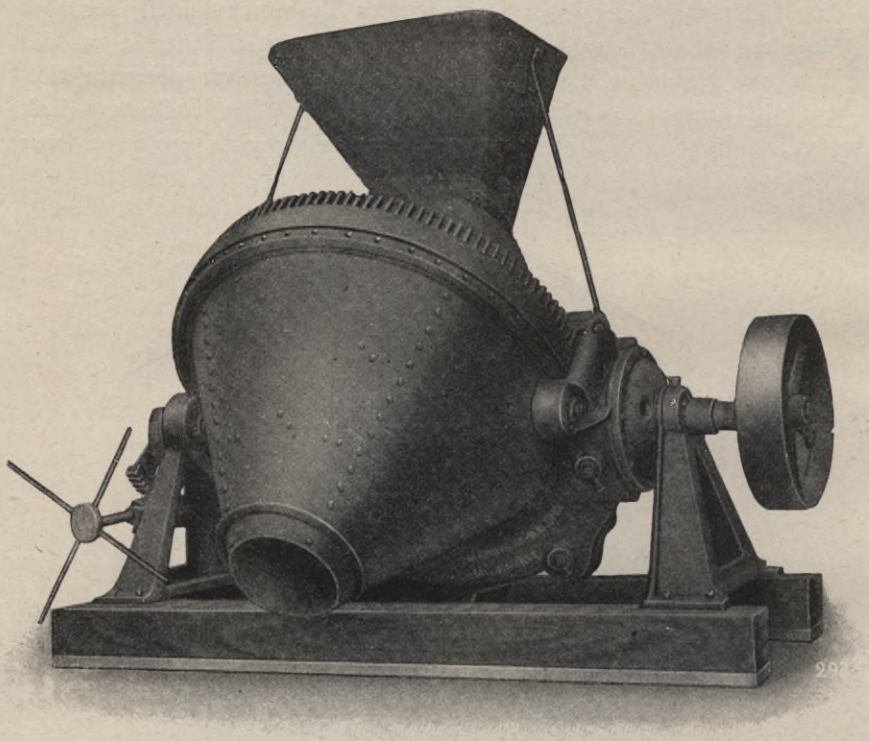

Abb. 20.

großen Einfülltrichter an einem Ende eingeführt und nach vollendeter Mischung am anderen Ende durch Kippen der Trommel entleert, wobei man diese mit voller Geschwindigkeit weiterdrehen läßt. Füllung und Entleerung vollziehen sich also während des Ganges der Maschine.

Um eine vorzeitige Abnutzung der Trommel zu verhindern, ist dieselbe im Inneren mit einer leicht auswechselbaren Kesselblecheinlage versehen.

Die Drais-Mischmaschine entspricht also allen Anforderungen bezüglich Dichtigkeit und Entleerung, die man an eine Mischmaschine für Gußbeton stellen muß. Bezüglich der Entleerung wird noch darauf hingewiesen, daß die Geschwindigkeit der Entleerung sowie

die Stärke des ausfließenden Betonstromes durch eine größere oder geringere Neigung der Trommel genau eingestellt werden kann.

Das Entleeren der fertig gemischten Betonmasse erfolgt je nach Art der weiteren Beförderung. Es kommt in Frage:

1. eine Entleerung in Transportwagen,
2. eine Entleerung in Becherwerken usw. und
3. eine Entleerung direkt in die Verteilungsinnen mit oder ohne Zwischenschaltung eines Trichters.

Das Entleeren der Betonmasse in Muldenkipper oder sonstige Wagen zu dem Zwecke, den Gußbeton eine längere Strecke zu verfahren, soll möglichst vermieden werden. Bei den verschiedenen Versuchen hat sich herausgestellt, daß beim Fahren eine schnelle Entmischung stattfindet. Die schwere Masse senkt sich im Wagen nach unten und steht das Wasser oben auf der Masse. Wird nun ein solcher Wagen durch Kippen entleert, dann läuft zunächst das Wasser ab, und die schwere, zähe Masse, welche zum Teil noch an den Wänden des Wagens klebt, fällt nur langsam nach. Beim Einkippen in einen Trichter oder in eine Rinne kann infolgedessen sehr leicht ein Verstopfen stattfinden.

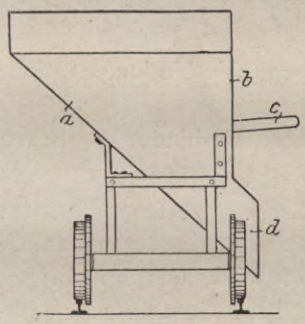

Abb. 21.

Falls sich ein Wagentransport nicht umgehen läßt, sind zweckmäßig solche Wagen zu benutzen, bei denen ein Entleeren ohne Kippen möglich ist. Die Abb. 21 zeigt einen derartigen Wagen, wie solcher seit Jahren in Amerika für Gußbetontransporte benutzt wird.

Die Einrichtung ist folgende:

Der als Selbstentlader gebaute Wagen hat eine stark geneigte Wand *a*, welche beim Entleeren als Rutsche dient. Am Ende der Wand *a* ist unten in Wand *b* eine Öffnung, welche durch einen vom Hebel *c* aus betätigten Schieber verschlossen gehalten wird. Diese Öffnung mündet in ein Rinnenstück *d*, welches zur Erzielung eines flüssigen, leichten Abflusses vorgesehen ist. Zur sicheren Verhütung einer Entmischung während der Fahrt kann ein einfaches Rührwerk im Inneren des Wagens angebracht werden. Der Antrieb desselben kann von Hand — während der Entleerung — oder von einer Radachse aus — während der Fahrt — erfolgen.

Beim Entleeren der Betonmasse in Elevatoren und daranschließenden Hochbefördern haben sich irgendwelche Nachteile nicht gezeigt. Die Aufwärtsbewegung erfolgt mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 20 m in der Minute, so daß eine Ent-

mischung während dieses Transports nicht eintreten kann. Diese Beförderungsart kommt stets dann in Frage, wenn die Mischmaschine am Fuße des Turmes aufgestellt ist und der Gußbeton von einer gewissen Höhe aus der Verwendungsstelle zufließen muß.

Eine direkte Entleerung von der Mischmaschine in die Verteilungsrinne erfolgt, wenn

a) bei Herstellung von Tiefbauten, Untergrundbahnen usw. die Mischmaschine auf einem Gleis an der Baugrube entlang geführt wird, und

b) wenn die Mischmaschine auf dem Verteilungsturm untergebracht wird und die Rohmaterialien behufs Mischung nach oben gefördert werden.

Die Verteilungsrohre bezw. Verteilungsrinnen werden zweckmäßig aus Eisenblech hergestellt und mit einem rostschützenden Überzug versehen. Zur Verwendung gelangen:

1. geschlossene Rohre mit geschlossenen Verbindungs- bezw. Kniestücken (Abb. 3 und 6);
2. geschlossene Rohre mit offenen Verbindungsstücken (Abb. 8);
3. offene Rinnen mit geschlossenen Verbindungs- bezw. Kniestücken (Abb. 11).

Zu empfehlen ist aber nur ein vollständig offenes Rinnensystem, wobei der Übergang von einer Rinne zur anderen ähnlich der Anordnung gemäß Abb. 10 eingerichtet wird, und im übrigen eine vollständig offene Rinne vorgesehen ist. Geschlossene Verbindungs- und Kniestücke sowie geschlossene Verteilungsrinnen erleichtern ein Verstopfen und erschweren die Übersicht.

Der Rohr- bezw. Rinnendurchmesser schwankt zwischen 200 bis 400 mm.

Die Verteilungsrohre bezw. -rinnen werden mittels Ausleger oder Flaschenzügen in einem Winkel von 20 bis 30° gegen die Horizontale aufgehängt. Der Ausflußwinkel schwankt innerhalb der angegebenen Grade je nach der Flüssigkeit der Betonmischung. Es ist notwendig, daß sich das Material so fortbewegt, daß einerseits die offene Rinne nicht überläuft und anderseits ein Entmischen des Materials infolge zu schnellen Abfließens verhütet wird.

In manchen Fällen bedeutet die flache Rinnenführung eine große Erschwerung der Bauausführung. Die Firma Rank in München hat in dieser Hinsicht weitere Versuche gemacht und hierbei gefunden, daß die Betonmasse, ohne eine Entmischung befürchten zu müssen, zunächst von der Mischmaschine aus durch ein senkrechtes Rohr geleitet werden darf. Infolgedessen haben Gebr. Rank bei

dem Neubau des Kohlenlagerhauses in Pforzheim bei Herstellung der tiefergelegenen Teile die Betonmasse von der Mischmaschine

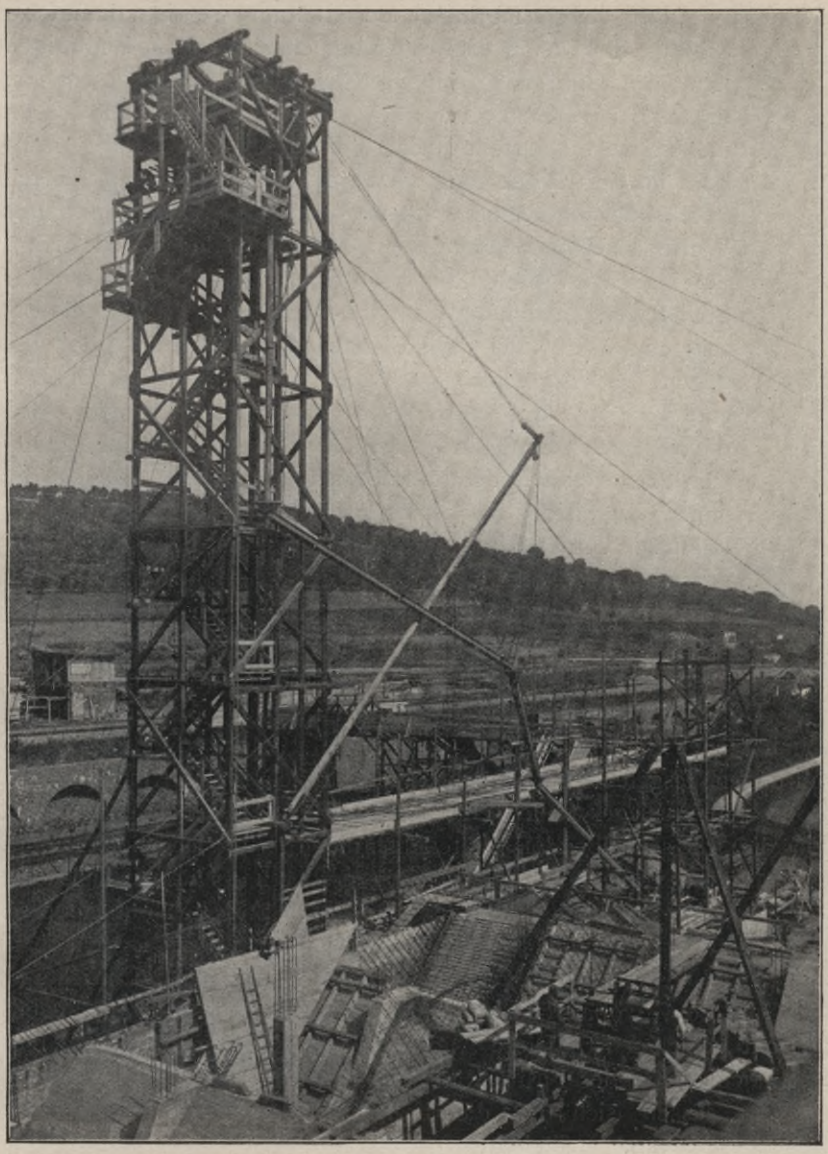

Abb. 22.

aus durch ein 10 m tiefes lotrechtes Rohr hinuntergeleitet und dann erst in den Verteilungsrinnen mit einem Ausflußwinkel von etwa 30° weitergeführt. Diese Anlage ist in Abb. 22 dargestellt.

Bezüglich der Rohranordnungen ist in den wiederholt angeführten Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton nachstehendes festgelegt:

„Bei dem Einbringen der Betonmasse ist darauf zu achten, daß keine Entmischung eintritt. Das Einbringen kann mit Hilfe von Rinnen, Röhren und dergl. geschehen, damit der Gußbeton vermöge seiner eigenen Schwere an die Verwendungsstelle fließt. Bei steiler Neigung trennt sich in der Rinne das grobe Material von dem Mörtel, durchläuft die Rinne schneller und fällt infolge flacherer Wurfparabel an anderer Stelle nieder als der Mörtel. Hierdurch können z. B. bei Schotter- und grobem Kiesbeton Steinnester entstehen, die sich nur durch Handarbeit beseitigen lassen. Bei steiler Rinnenneigung (mehr als 25 vH. gegen die Wagrechte) ist daher vor der Rinnenmündung eine Klappe oder ein Trichter derartig anzubringen, daß die Betonmasse möglichst senkrecht niederfällt. Die Rinnen werden vorteilhaft derart beweglich angeordnet, daß sie die ganze Grundfläche des zu betonierenden Bauteils bestreichen können. Um der Entmischung des Betons beim freien Fall vorzubeugen, soll der Auslauf der Zubringer nicht höher als 2 m über der Verwendungsstelle liegen. Gröbere Zuschlagteile, die sich beim Einbringen der Betonmasse ab gesondert haben, sind mit dem Mörtel wieder zu vermengen."

Die zur Verwendung gelangenden Rohre sollen im Durchschnitt nachstehende Maße, welche auf Grund praktischer Erfahrungen fesgelegt sind, nicht überschreiten. Die Rinnen bezw. Rohre am Ausleger sollen eine Länge von 30 m nicht übersteigen. Für die frei schwebenden Verteilungsrinnen hat sich eine Durchschnittslänge von 12 m als praktisch erwiesen. Die Ausflußenden können etwa 3 m lang sein. Um ein leichtes Arbeiten mit längeren Ausflußenden zu ermöglichen, haben Gebr. Rank diese Enden oben mit einem Gegengewicht versehen. Abb. 23 zeigt eine Einrichtung für Gußbeton, wobei das Ausflußende mit einem solchen Gegengewicht versehen ist. Diese Anordnung wurde beim Neubau Zuban in München von der Firma Rank benutzt.

Es lassen sich für die Einrichtung einer Gußbetonanlage folgende Leitsätze aufstellen:

1. Der Verteilungsturm richtet sich bezüglich seiner Abmessung nach der Eigenart des herzustellenden Neubaues.
2. Die Mischmaschine muß durchaus dicht sein, ein Entleeren der Betonmasse in einem gleichmäßigen Strom ermöglichen und so aufgestellt werden, daß lange Wagen-

transporte der fertigen Mischungen von der Mischtrommel zur Verteilungsrinne vermieden werden.

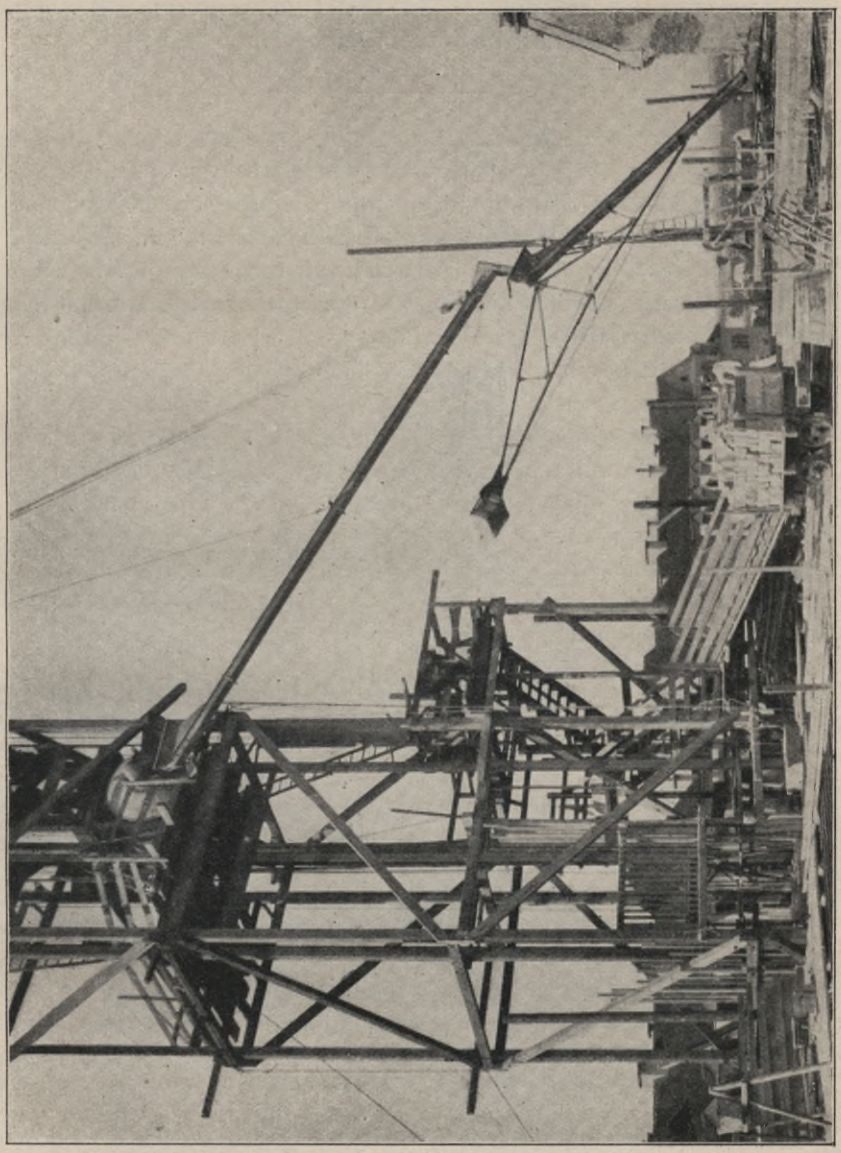

Abb. 23.

3. Transportwagen für Gußbeton sollen so gebaut sein, daß ein Entleeren am Boden erfolgen kann und zur Verhütung einer Entmischung während des Transportes ein Rührwerk vorgesehen ist.

4. Die Verteilungsrohre werden zweckmäßig als offene Rinnen ausgebildet und drehbar in einem Ausflußwinkel von 20 bis 30° zur Horizontalen aufgehängt. Senkrechte Rohre sind für besondere Fälle, direkt vom Entleerungstrichter bis zur gewünschten Tiefe durchgeführt, zulässig.

V. Bauweisen.

Vor mehreren Jahren ging durch die deutsche Presse eine Notiz, wonach Edison infolge einer genialen Erfindung in der Lage sei, Bauwerke aller Art aus Zement in Formen zu gießen. Ein Ingenieur Harms, welcher mit Edison zusammen an der Ausführung dieses Gedankens arbeitete, hatte eine besondere Art flüssigen Betons hergestellt. Bevor die Idee zur Ausführung kam, überwarf sich Edison mit Harms, infolgedessen letzterer sich mit einem Amerikaner, Georg Eldridge Small, vereinigte. Diese beiden Herren meldeten dann im Jahre 1909 in Amerika und Mitte 1910 in Frankreich je 2 Patente an. Das französische Patent Nr. 417652, angemeldet am 30. Juni 1910, behandelt ein Verfahren zur Herstellung eines flüssigen Betons, bestehend aus Zement, Sand, Steinen und einem Zusatz fein verteilten Tones. Harms hatte bei seinen Versuchen festgestellt, daß Ton, fein verteilt der Betonmasse zugesetzt, die Festigkeit des Betons etwas erhöht. Wird dagegen Sand oder Kies zur Betonmasse zugesetzt, an dem Ton oder Lehm fest haftet, dann wirkt die Ton- oder Lehmbeimengung auf die Festigkeit nachteilig. Das zweite französische Patent Nr. 417834 vom 4. Juli 1910 betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Häusern und sonstigen Bauwerken, welches darin besteht, den Bauwerken entsprechende

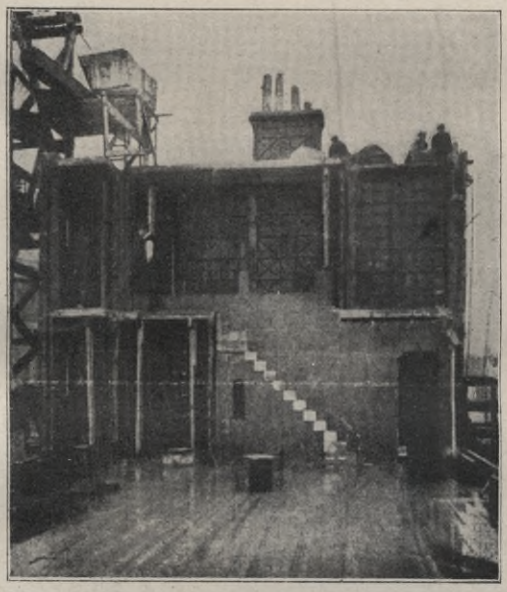

Abb. 24.

Formen aufzustellen und diese mit flüssigem Beton auszugießen. Als Harms und Small in Amerika wenig Entgegenkommen für ihre neue Bauweise fanden, kamen sie nach Europa. In Zandvoort (Holland) wurde dann der erste Bau nach diesem System ausgeführt. Von Interessenten nach Paris gerufen, gossen die Erfinder dort in der Plaine Saint-Denis das in Abb. 24 dargestellte Haus in etwa 6 Stunden.

Die Herstellung erfolgte in der Weise, daß zunächst die Gußform des Hauses fertig aufgestellt wurde. Daneben kam das Gerüst, auf der Photographie links noch erkennbar, zu stehen, welches die Anlage zur Verteilung des Betons trägt. Das Gießen erfolgte durch mehrere Gußtrichter gleichzeitig. Nach zwei Tagen konnte die Gußform entfernt werden. Die Abb. 24 zeigt den Unterteil des Hauses nach der Entfernung der Verschalung, während der obere Teil des Hauses noch nicht entformt ist.

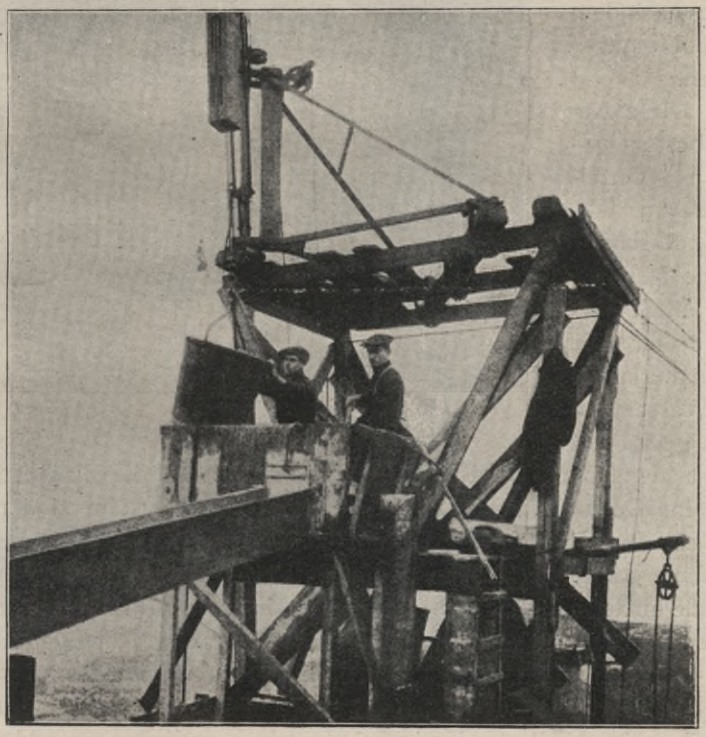

Abb. 25.

Die Abb. 25 zeigt die Betonverteilungsstelle auf dem Verteilungsturm. Wie aus der Darstellung ersichtlich, wird der in Kübeln hochgebrachte Beton an dieser Stelle in einen trichter-

ähnlichen Kasten entleert. Dieser Kasten trägt vorn an der Mündung einen Schieber, mittels welchem der Abfluß durch die Verteilungsrinnen geregelt wird.

Die Abb. 26 stellt die Betonmischanlage dar.

Während die beiden Erfinder unter allerlei Widerwärtigkeiten versuchten, ihre neue Bauweise in Europa einzuführen, bemächtigten sich in Amerika große amerikanische Baufirmen der neuen Idee, Bauten aus Gußbeton herzustellen. In kurzer Zeit hatte sich ein ganz bestimmtes Schema ausgebildet. Die Abb. 27 und 28 zeigen in Seitenansicht und Draufsicht das Schema einer amerikanischen Zwillingsanlage zur Ausführung eines Baues nach dem Gußbetonverfahren.

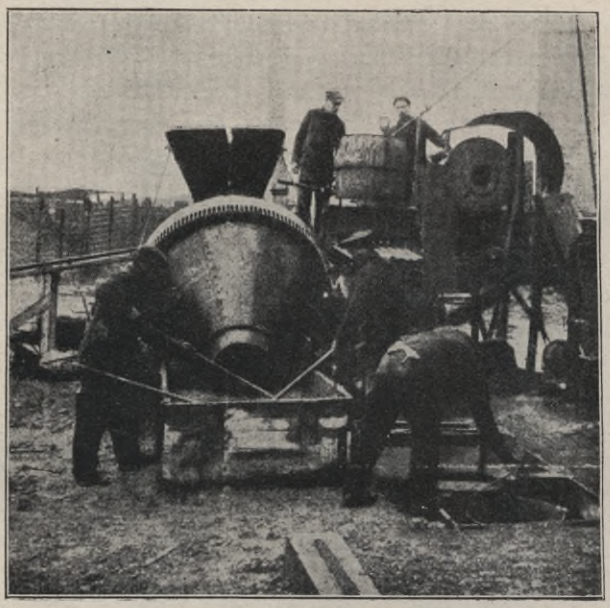

Abb. 26.

Diese Anlage besteht aus dem Verteilungsturm *a*, der Mischmaschine *b* sowie dem Meßbehälter *c* für die Rohmaterialien. Das Wasser wird in geeigneter Weise zugeführt. Die Rohmaterialienbehälter und die Mischmaschine sind im Keller aufgestellt. Ausleger und Rohrsystem sind mittels verstellbarer Rahmen am Turm *a* gleitend aufgehängt. Der obere Rahmen trägt die Trichter zum Entleeren des mittels besonderer Gefäße hinaufbeförderten Betons sowie eine Plattform für den aufsichtführenden Maschinisten. Letzterer hat den Betrieb der ganzen Anlage zu leiten und darauf zu achten, daß etwa eintretende Stockungen schnellstens beseitigt werden. Die Rinne *e* gestattet eine Betonverteilung innerhalb des Kreises *f*. Durch Anschließen eines kleineren Rinnenteiles kann die zu bestreichende Fläche vergrößert werden, wie der Kreisbogen f^1 zeigt. Die Flächen innerhalb der Kreisbogen *g* erhalten den Beton mittels der Rohre *d* zugeführt. Um eine Versorgung der parallel dieser Kreisbogen weiter ab-

liegenden Flächen mit Beton zu ermöglichen, sind kleinere Rinnen anzuschließen.

Bei Ausführung sehr großer umfangreicher Bauten werden in der Regel zwei oder mehr Verteilungstürme aufgestellt. Auch hat

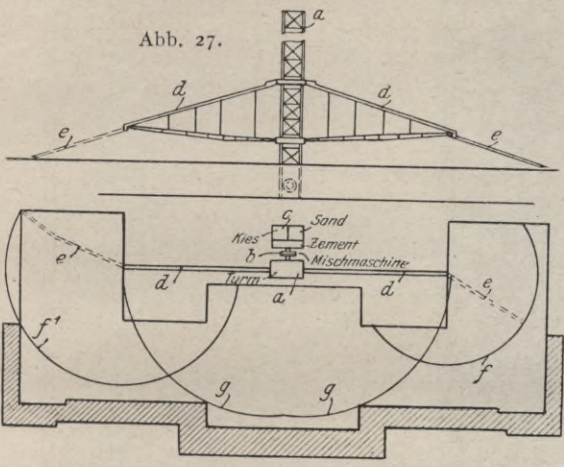

Abb. 28.

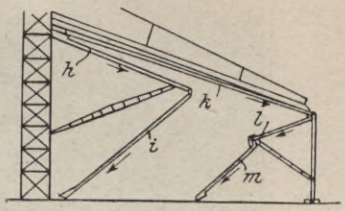

Abb. 29.

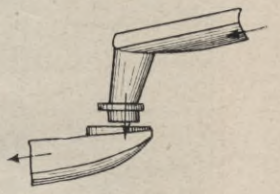

Abb. 30.

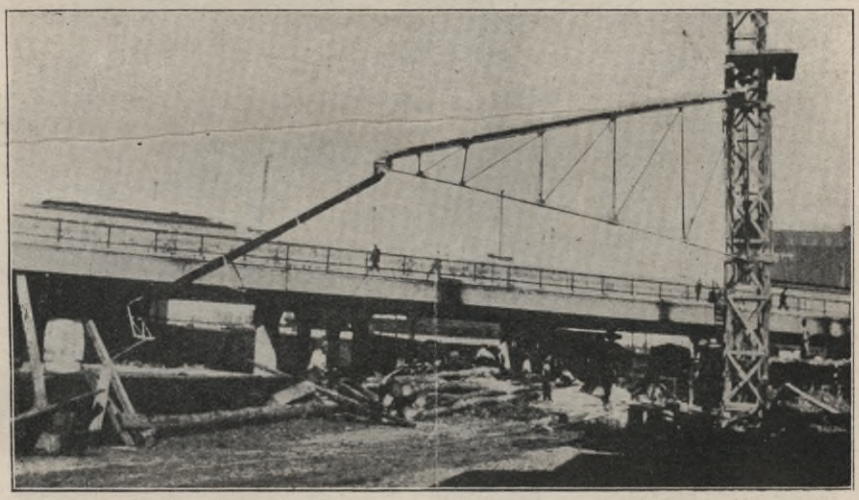

Abb. 31.

man vielfach drehbare Verteilungstürme in der Mitte des Bauwerks zur Aufstellung gebracht.

Die Abb. 29 zeigt, wie durch Leitung und Zusammenstellung der verschiedenen Rohre ein Bestreichen aller in Frage kommenden Stellen sicher erreicht werden kann. Bei Führung der Rohre in Richtung *h—i* ist eine Betonierung bis dicht an den Turm zu er-

reichen. Bei Benutzung einer Hilfsstütze kann z. B. das Verteilungsrohr in der Richtung $k-l-m$ geführt werden. Selbstverständlich

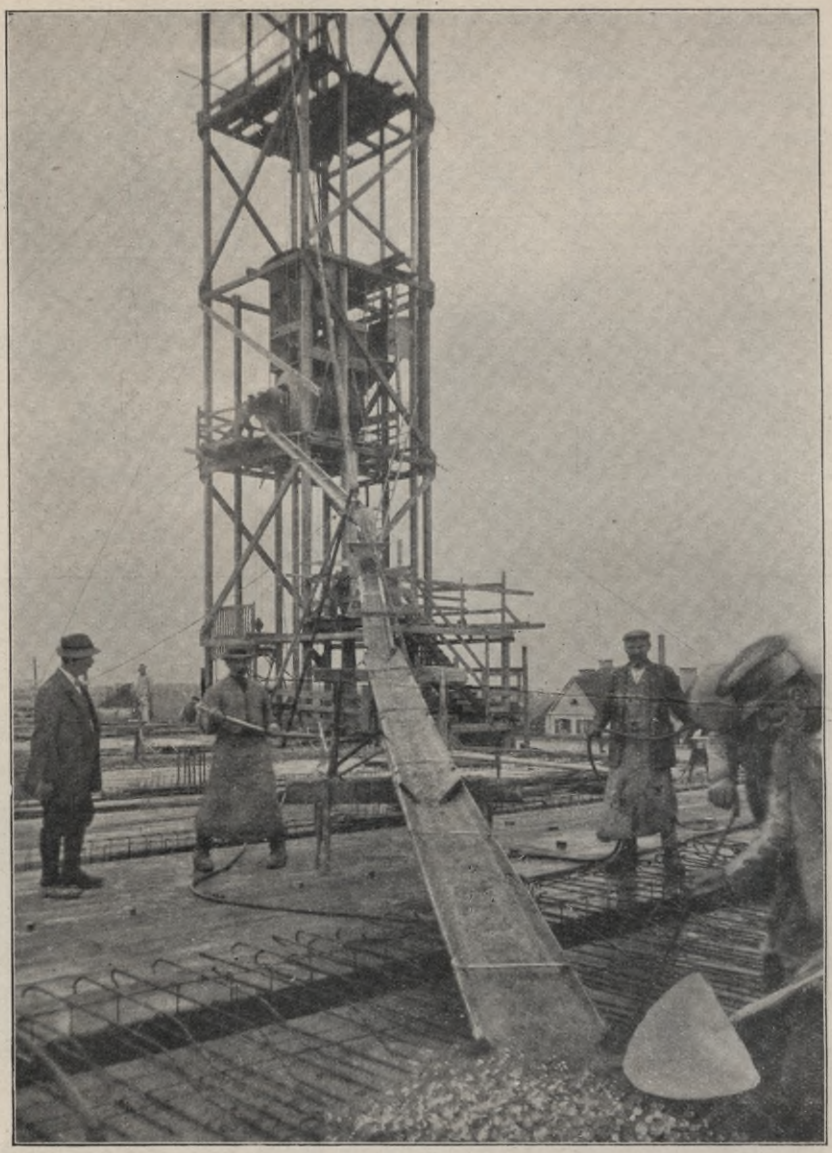

Abb. 32.

sind hiermit nicht alle Möglichkeiten der Rinnenführung erschöpft, der bauleitende Ingenieur muß von Fall zu Fall die geeignetste Zuführung des Betons zur Verwendungsstelle selbst feststellen.

Die Abb. 30 stellt noch eine eigenartige Stützenanordnung für Verteilungsrohre dar.

Die Abb. 31 zeigt eine Einrichtung zur Herstellung von Gußbetonarbeiten für Tiefbauanlagen. Es handelt sich hier darum, Gußbeton in eine Baugrube unterhalb einer Brückenanlage zu führen.

Abb. 33.

Diese Turmanlage ist für den gewollten Zweck viel zu hoch. Es hätte in diesem Falle die Aufstellung einer an der Baugrube entlang fahrbaren Betonmaschine vollständig genügt. Bei Bauten an der Hemelinger Schleuse im Jahre 1913 wurden Mischmaschinen benutzt, die mit den Rinnen verfahrbar aufgestellt waren.

Das Herabfließen des Gußbetons in einem breiten gleichmäßigen Strom in einer breiten offenen Rinne ist in Abb. 32 zu beobachten.

Es ist hier eine Anlage für Gußbeton gezeigt, wie sie von Gebr. Rank für den Neubau Zuban in München benutzt wurde. Ein besonderer Vorteil ist bei dieser Anlage darin zu sehen, daß bei dem Übergang von einem Rinnenstück zum anderen keinerlei Kniestücke oder Stutzen verwendet werden. Die Masse kann infolgedessen in gleichmäßigem Strom zur Verwendungsstelle fließen. Diese Rinnenanordnung läßt sich, mit wenigen Ausnahmen, bei geeigneter Verwendung eines senkrechten Abfallrohres überall benutzen.

Die Hauptbedingung für ein gutes Fließen des Gußbetons ist ein gutes Mischen oder feines Material. Es ist zweckmäßig, keinen Gußbeton ohne Sandzusatz herzustellen. Bei den amerikanischen Betonierungsmethoden werden allgemein Mischungen von 1:6 bis 1:9 verwendet. Wasser wird nach Gutdünken zugefügt.

Das Abbinden des Gußbetons erfolgt in der Regel in 5 bis 6 Stunden.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil beim Gußbeton ist der Umstand, daß 1 cbm fertiggemischte Masse auch fast 1 cbm abgebundenen Beton ergibt, da ein Zusammenstampfen der Betonmasse nicht vorgenommen wird.

Bei der Herstellung von Bauten aus Gußbeton muß unbedingt der Anfertigung der notwendigen Verschalung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die zu verwendenden Bohlen und Bretter sind an der Innenseite sauber und glatt zu verarbeiten. Hierdurch wird die bei anderen Bauarten, wie Stampfbeton usw., notwendige Putzarbeit vollständig erspart.

Abb. 33 zeigt eine amerikanische Turmanordnung für Gußbetonarbeiten. Hier ist deutlich die Herstellung der Fundamente zu beobachten.

VI. Kosten.

Bei der Ausführung einfacher großer Bauten in Gußbeton kann gegenüber der Verwendung des Stampfbetons mit einer Lohnersparnis von allgemein 50 vH. gerechnet werden, während bei der Ausführung schwieriger Bauten, wie z. B. bei größeren Wohnhäusern, Warenhäusern usw. mit einer Ersparnis von 35 bis 40 vH. gerechnet werden darf.

Die Firma Gebr. Rank in München hat bei Ausführung verschiedener größerer Bauten aus Gußbeton durchschnittlich $33^1/_3$ vH. an Arbeitslöhnen erspart. Die Größe der Ersparnisse für den einzelnen Bau hängt von der Eigenart des Baues und von der Menge

des zu verarbeitenden Betons ab. Es ist klar, daß bei der Herstellung eines mittleren Warenhauses prozentual weniger an Arbeitslöhnen erspart werden kann als bei der Herstellung eines großen Dammes. Je größer der Bau und je rascher das Betonieren vor sich geht, desto günstiger werden die Zahlen. Gebr. Rank haben bei einem Neubau in München für 1 cbm Gußbeton einschließlich Zufuhr der Materialien, Mischen, Transport und Verteilen des Betons zwischen 1,90 ℳ und 3,20 ℳ bezahlt. Die erste Zahl ergab sich bei einer der unteren sehr starken Decken, während die höhere Zahl für den Dachstuhl herauskam. Bei einem anderen Bau, der durchweg schwierige Konstruktionen hatte, sanken die Kosten des Betonierens nicht unter 2,40 ℳ für 1 cbm.

Ein Schulbeispiel für die Größe und Kosten amerikanischer Riesenbauten aus Gußbeton bildet der aus diesem Material hergestellte Lahontan-Damm in Nevada. Dieser Damm sperrt eine Talenge am Carson-River am Ostfuß der Sierra Nevada. Der Damm hat eine Höhe von 37 m und eine Länge von etwa 500 m. Es sind hier 57 000 cbm Beton verarbeitet worden. Die eigenartige Lage des Bauwerks, die Entfernung der Materiallager von der Baustelle usw. erforderten an Anschaffungskosten für eine Hängebahn zum Transport der Gußbetonmischung rd. 104 000 ℳ. Es entfielen also auf 1 cbm Beton von vornherein 2 ℳ Anschaffungskosten für Transportmittel.

Die Einrichtung war folgende:

Beiderseits der im Tal gelegenen umfangreichen Baustelle war auf den angrenzenden Höhen je ein Kabelturm aufgestellt. Die Entfernung von einem Turm zum anderen betrug 500 m. Die Kabeltürme waren auf Schienen fahrbar eingerichtet, um ein leichtes Weiterschaffen beim Fortschreiten der Baustelle zu ermöglichen. An der Baustelle selbst, im Tal, war ein 25 m hoher hölzerner Verteilungsturm, ebenfalls verfahrbar, aufgestellt. Von diesem Turm aus wurde der Gußbeton in Rinnen der Verwendungsstelle zugeführt.

Die Mischmaschine Smith-Drais mit einem Trommelinhalt von 1 cbm mischte das Material und wurden je zwei Mischungen in die Fördergefäße der Kabelbahn entleert. Jedes Fördergefäß stand auf einem niedrigen Achsengestell, welches von einem Pferd zur Kabelbahn gezogen wurde. Mittels der Kabelbahn wurden die mit Klappboden versehenen und 2 cbm fassenden Transportgefäße zum Verteilungsturm gefahren und hier in ein einige Kubikmeter fassendes Gefäß entleert. Beim Öffnen eines Schiebers ergoß sich die flüssige Masse alsdann in die Rinnen.

Es waren hierbei beschäftigt:

1 Arbeiter für die automatische Sand- und Kieszuführung zur Mischtrommel,

1 Arbeiter für die automatische Zementzuführung zur Mischtrommel,

1 Arbeiter zur Bedienung der Mischmaschine,

4 Arbeiter zum Transport von der Mischmaschine zur Hängebahn,

2 Arbeiter zum Entleeren der Fördergefäße usw.,

2 Arbeiter am Ende der Rinne,

2 Arbeiter standen zwischen den Schalungen und sorgten für eine gleichmäßige Verteilung des Betons.

Es waren also insgesamt 13 Arbeiter mit der Herstellung, dem Transport und der Verteilung des Betons beschäftigt.

In der Stunde wurden durchschnittlich 25 cbm Mauerwerk hergestellt.

Es ist also hier unter den denkbar ungünstigsten Umständen eine Leistung von

$$\frac{25}{13} = 1{,}92 \text{ cbm}$$

pro Stunde und Arbeiter erzielt.

Nachstehend ist eine Vergleichsrechnung aufgestellt, bei der eine beim Bau einer Untergrundbahn erzielte Durchschnittsleistung für Stampfbeton angenommen ist.

Es sind bei einer zehnstündigen Arbeitszeit 130 cbm Beton hergestellt, verfahren und gestampft worden. Hierbei waren tätig:

Beton herstellen	1 Vorarbeiter	9 Arbeiter
Beton verfahren		7 Arbeiter
Beton einfüllen und stampfen	„	11 Arbeiter.

Es ist also hier mit Stampfbeton eine Leistung von

$$\frac{130}{10 \cdot 29} = \text{rd. } 0{,}45 \text{ cbm}$$

pro Stunde und Arbeiter erzielt.

Bei der Annahme, daß statt Stampfbeton im vorliegenden Falle Gußbeton zur Verwendung gelangt, kommen 1 Vorarbeiter und 11 Arbeiter für das Einfüllen und Einstampfen des Betons in Fortfall. Hierzu kommen aber 3 Arbeiter für die Rinnenbedienung.

Es würden dann 130 cbm Gußbeton in 10 Stunden von 20 Arbeitern hergestellt sein, so daß eine Leistung von

$$\frac{130}{10 \cdot 20} = 0{,}65 \text{ cbm}$$

pro Stunde und Arbeiter erzielt wäre.

Nachstehend werden für vorstehende drei Fälle die Preise, bei Annahme eines gleichen Arbeiterlohnes von 0,80 ℳ pro Stunde, für das cbm fertigen Betonmauerwerks gegenübergestellt.

Am Lahontan-Damm waren mit der Herstellung, dem Transport und dem Verteilen des Gußbetons 13 Mann beschäftigt. Bei einer zehnstündigen Arbeitszeit sind 250 cbm Gußbeton hergestellt. Bei einem Stundenlohn von 0,80 ℳ kostet 1 cbm fertiger Gußbeton an Löhnen

$$\frac{10 \cdot 13 \cdot 0{,}8}{250} = \text{rd. } 0{,}42 \text{ ℳ}.$$

Bei der Herstellung des Stampfbetons bei der Untergrundbahn gemäß des angezogenen Beispiels waren 29 Arbeiter mit der Herstellung, dem Transport, dem Einfüllen und Stampfen des Betons beschäftigt. Während einer zehnstündigen Arbeitszeit wurden 130 cbm Betonmauerwerk fertiggestellt. Bei Einsetzung des angenommenen Stundenlohns von 0,80 ℳ kostet 1 cbm fertiger Stampfbeton

$$\frac{10 \cdot 29 \cdot 0{,}8}{130} = \text{rd. } 1{,}78 \text{ ℳ}.$$

an Löhnen.

Angenommen, bei der vorstehenden Arbeit würde Gußbeton zur Verwendung gelangen, dann könnten statt 29 Arbeiter nur 20 Arbeiter verwendet werden. Diese Zahlenverschiebung deckt sich auch annähernd mit den Erfahrungen der Firma Gebr. Rank, wonach $^1/_3$ an Arbeitslöhnen bei Gußbeton gespart wird.

Es kostet demnach die Arbeit in Gußbeton ausgeführt bei 130 cbm Tagesleistung mit 20 Arbeitern und einem Stundenlohn von 0,80 ℳ pro cbm fertiges Betonmauerwerk

$$\frac{10 \cdot 20 \cdot 0{,}8}{130} = 1{,}23 \text{ ℳ}.$$

Die Beispiele beweisen, daß bei strenger Durchführung der amerikanischen Bauweise mit Gußbeton alle Arbeiten in der halben bisher bei Stampfbeton notwendigen Zeit ausgeführt werden können und enorme Summen an Arbeitslöhnen zu ersparen sind. Es kommt nur darauf an, von Fall zu Fall die zu Gebote stehenden Mittel in geeigneter Weise auszunutzen. Vor allen Dingen müssen große

Mischmaschinen nicht unter 1 cbm Trommelfüllung verwendet werden. Man darf auch nicht davor zurückschrecken, im Bedarfsfalle große Transportanlagen zu bauen, da, wie der Fall des Lahontan-Dammes beweist, die Kosten durch Lohnersparnisse wieder aufgebracht werden.

Schlußwort.

Vorstehende Untersuchungen und Feststellungen zeigen unwiderlegbar, daß der Gußbeton gegenüber dem Stampfbeton bedeutende Vorteile mit sich bringt. Größere durchgehende Festigkeit im Bau, größere Dichtigkeit, schnellere Bauausführung und bedeutende Lohnersparnisse bei der Verwendung des Gußbetons sind Momente, welche unbedingt der weitgehenden Einführung des Gußbetons das Wort reden. Das vorhandene Mißtrauen ist vollständig ungerechtfertigt. Im Gegenteil, es fragt sich, ob es nicht angebracht erscheint, der bisherigen Stampfbetonmethode ein größeres Mißtrauen entgegenzubringen. Die bei den vorstehenden Untersuchungen festgestellten Fehler des Stampfbetons, und zwar

a) schlechte ungleichmäßige Stampfarbeit,
b) geringe Festigkeit in den Stampffugen und
c) das vielfach übliche Einsetzen der im Laboratorium beim Stampfbeton gefundenen irreführenden Festigkeitszahlen

geben zusammengezählt ein Endresultat, welches die größten Bedenken auslösen muß. Es erscheint auch fraglich, ob nicht der eine oder andere Zusammensturz eines Bauwerkes auf die Nichtbeachtung der angegebenen Fehler zurückzuführen ist.

Die angeführten Anlagen und Ausführungen können bezüglich der Anfertigung von etwa auszuführenden Gußbetonbauten nicht als maßgebend für alle Fälle angesehen werden. Jeder Bau hat Eigenheiten, welche studiert werden müssen und soll die vorliegende Studie nur auf Bestehendes und gemachte Erfahrungen hinweisen. Die angeführten Beispiele beweisen zweifellos, daß die Amerikaner uns bezüglich der Gußbetonbauweise noch überlegen sind. Es ist dieses nicht weiter verwunderlich, da die Amerikaner während der bereits seit annähernd 8 bis 10 Jahren betriebenen Gußbetonarbeiten reichliche Erfahrungen sammeln konnten. Eine gedankenlose Übernahme der amerikanischen Bauweisen verbietet sich von selbst, da die in Betracht kommenden Verhältnisse zu verschieden sind. Es kann sich für uns nur darum handeln, das Gute und für uns Brauchbare aus dem amerikanischen System herauszuschälen und ein für deutsche Verhältnisse passendes Gußbetonverfahren auszubilden. Die

für Gußbeton herausgegebenen Bestimmungen geben hierfür eine gute Grundlage.

Es wäre wünschenswert, wenn eine größere Firma die noch notwendigen Versuche in größerem Umfange ausführte oder eine größere Vereinigung die notwendigen Mittel für die vorzunehmenden Versuche zur Verfügung stellte. Obwohl die Bestrebungen und Arbeiten der Firma Gebr. Rank in München einerseits höchst anerkennenswert sind, so haben die bisherigen Erfolge jedoch gezeigt, daß gegenüber dem amerikanischen System bei uns noch zu langsam und zu teuer gebaut wird. Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei intensiver Arbeit und vielseitigen Versuchen die amerikanischen Erfolge überflügelt werden können.

Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.