

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

H. 2020  
L. inw. ....

HANDBUCH

DES BAUTECHNIKERS

XIX

DER EISENBETON  
IM HOCHBAU

VON

H. Haberstroh

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297441





INŻ. I. STELLA-SAWICKI

**DAS HANDBUCH**  
DES  
**BAUTECHNIKERS**

EINE ÜBERSICHTLICHE ZUSAMMENFASSUNG DER AN BAUGEWERK-  
SCHULEN GEPFLEGTEN TECHNISCHEN LEHRFÄCHER

— \* —

ZUM GEBRAUCHE  
FÜR  
STUDIERENDE UND AUSFÜHRENDE BAUTECHNIKER

UNTER MITWIRKUNG  
VON  
ERFAHRENEN BAUGEWERKSCHULLEHRERN

HERAUSGEGEBEN

VON

**HANS ISSEL**

ARCHITEKT, ORDENTLICHER LEHRER FÜR HOCHBAU AN DER KGL. BAUGEWERKSCHULE  
IN HILDESHEIM

— — —  
XIX. BAND

DER EISENBETON IM HOCHBAU



LEIPZIG 1908

VERLAG VON BERNH. FRIEDR. VOIGT.

2.9

DER  
**EISENBETON**  
IM HOCHBAU

UMFASSEND:

DIE FÜR DEN EISENBETON VERWENDETEN BAUSTOFFE, DIE EISENEINLAGEN IM EISENBETON, DIE ZURICHTUNG DER EISENEINLAGEN, DIE GRUNDFORMEN FÜR DIE ANORDNUNG DER EISENEINLAGEN UND DIE SCHALUNGEN, STEINKONSTRUKTIONEN MIT EISENEINLAGE UND UMMANTELUNGEN VON EISENKONSTRUKTIONEN, FERNER LEITSÄTZE FÜR DIE STATISCHE BERECHNUNG, RECHNUNGSVERFAHREN MIT BEISPIELEN, FORMELN FÜR DAS ENTWERFEN UND EINEN ANHANG VON TABELLEN

---

FÜR DEN SCHULGEBRAUCH UND DIE BAUPRAXIS

BEARBEITET

VON

**H. HABERSTROH**

INGENIEUR UND OBERLEHRER AN DER HERZOGL. BAUGEWERKSCHULE ZU HOLZMINDEN

---

MIT 400 TEXTABBILDUNGEN UND 12 TAFELN



ING. I. STELLA-SAWICKI

LEIPZIG 1908

VERLAG VON BERNH. FRIEDR. VOIGT.



II - 349409

ALLE RECHTE VORBEHALTEN

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

~~119620~~

Akc. Nr.

~~1749~~ 149

BPK-B-262/2017

# Vorwort

Bei der Abfassung des vorliegenden Buches hat mich das Bestreben geleitet, dem in der Praxis stehenden Techniker und dem Baugewerksschüler ein gründliches allgemeines Verständnis für die Bauweise in Eisenbeton zu verschaffen, welche in so kurzer Zeit sich alle Gebiete des Bauwesens erobert hat. Das Buch erstrebt daher nicht, den Techniker mittlerer Vorbildung zum Konstrukteur und Berechner von grösseren Eisenbetonbauten auszubilden, wohl soll es ihn aber dazu befähigen, kleinere Bauwerke in Eisenbeton mit Sachkenntnis auszuführen, sowie kleinere, einfache Berechnungen anzufertigen.

Es ist daher das Hauptgewicht bei der Behandlung des umfangreichen Stoffes auf die zur Verwendung kommenden Baustoffe und deren gegenseitiges Verhalten gelegt worden.

Ueberflüssig erschien es, die zahllosen „Systeme“ auch nur annähernd anzuführen. Von denselben sind vielmehr nur verhältnismässig wenige besprochen, soweit sie nämlich wesentliche Eigentümlichkeiten besitzen.

Grösseres Gewicht ist dagegen auf die Ausführung und besonders auf die Schalung gelegt.

Ueberall ist auf die amtlichen Bestimmungen hingewiesen, die besonders auch für die Berechnung als massgebend anzusehen sind. Es sind hier nur einige Erläuterungen beigelegt, die sich namentlich auf die Umgestaltung der amtlichen Formeln für die Zwecke der Ermittlung der Querschnittsabmessungen beziehen.

Im Anhang sind einige Tabellen beigelegt, die beim Berechnen gute Dienste leisten können.

Zum Schlusse sage ich den Firmen, die mich durch Ueberlassung von Klischees unterstützt haben, meinen besten Dank, welcher auch vor allen Dingen der Verlagsbuchhandlung für ihr in jeder Weise bereitwilliges Entgegenkommen gebührt.

Holzminden, im November 1907

H. Haberstroh



# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort . . . . .	v
<b>Einleitung</b> . . . . .	1
<b>Die Baustoffe</b> . . . . .	6
Der Portlandzement . . . . .	6
Andere Zemente . . . . .	17
Zementmörtel . . . . .	21
Zementbeton . . . . .	28
Das Eisen . . . . .	49
<b>Eiseneinlagen im Eisenbeton</b> . . . . .	56
<b>Zurichtung der Eiseneinlagen</b> . . . . .	66
<b>Grundformen für die Anordnung der Eiseneinlagen</b> . . . . .	70
Allgemeines . . . . .	70
Balken . . . . .	77
Rippendecken und Plattenbalken . . . . .	83
Gewölbe und Bogen . . . . .	87
Wände und Säulen . . . . .	89
Gründungen . . . . .	98
Dächer . . . . .	112
Treppen . . . . .	126
Rohre . . . . .	131
Behälter . . . . .	138
<b>Schornsteine</b> . . . . .	152
<b>Schalungen</b> . . . . .	155
Gesetzliche Bestimmungen . . . . .	155
Allgemeines . . . . .	156
Schalungen für Decken . . . . .	161
Schalungen für Pfeiler . . . . .	162
Schalungen für Wände . . . . .	163
Schalungen für Gewölbe . . . . .	166
Schalungen für Schornsteine . . . . .	166
Schalungen für Rohre . . . . .	166
Schalungen für andere auf dem Werkplatz hergestellte Stücke . . . . .	166

	Seite
<b>Steinkonstruktionen mit Eiseneinlage</b>	169
Allgemeines	169
Steindecken mit Eiseneinlage	170
Steinwände mit Eiseneinlagen	184
Treppen und Dächer aus Stein mit Eiseneinlage zwischen eisernen Trägern	191
<b>Ummantelung von Eisenkonstruktionen</b>	192
Allgemeines	192
Ummantelung von Trägern, Unterzügen und Säulen	194
Ummantelung von Dachkonstruktionen	201
Ummantelung der Eisenkonstruktion in Wänden	201
<b>Leitsätze für die statische Berechnung</b>	202
A. Eigengewicht	202
B. Ermittlung der äusseren Kräfte	202
C. Ermittlung der inneren Kräfte	203
D. Zulässige Spannungen	204
<b>Rechnungsverfahren mit Beispielen</b>	204
A. Reine Biegung	204
a) Ohne Berücksichtigung der Betonzugspannungen	204
b) Mit Berücksichtigung der Betonzugspannungen	208
B. Zentrischer Druck	210
C. Exzentrischer Druck	212
D. Beispiele	212
<b>Formeln und Tabellen zur Bestimmung der Querschnittsabmessungen beim Entwerfen</b>	223
Allgemeines	323
Säulen und Pfeiler mit zentrischer Druckbeanspruchung	224
Säulen aus spiralumschnürtem Beton	226
Knicksicherheit der Eiseneinlagen	227
Exzentrische Druckbeanspruchung	228
Auf Biegung beanspruchte Platten und Balken	231
Platten und Balken mit einfacher Eiseneinlage	231
Tabelle zur Bestimmung der Plattenabmessungen	235
Platten und Balken mit oberer und unterer Einlage	235
Plattenbalken	235
Schubspannungen und Haftspannungen	237
<b>Anhang</b>	240
Flächeninhalte und Trägheitsmomente für Säulenquerschnitte	240
Tabelle für Rundeseisen	241
Maximalbiegemomente für fortlaufende Träger	242
Prüfungsanstalten für Baustoffe	243

# Der Eisenbeton im Hochbau.

## Einleitung.

Mit „Eisenbeton“ bezeichnet man diejenige Bauweise, bei welcher Mörtel oder Beton mit einer Eiseneinlage versehen wird. Zu diesem Mörtel bzw. Beton wird in den meisten Fällen Portlandzement verwendet. Als Einlage werden Eisen von den verschiedensten Querschnitten gebraucht. Beide Baustoffe sollen sich bei den Eisenbetonkonstruktionen in ihrem Widerstandsvermögen gegen die Einwirkung äusserer Beanspruchungen ergänzen. Der Beton besitzt eine bedeutende Druckfestigkeit, aber nur eine geringe Zugfestigkeit. Das Eisen mit seiner grossen Zugfestigkeit wird daher hauptsächlich überall dort in den Beton eingebettet, wo Zugspannungen aufzunehmen sind, während dem Beton besonders die Aufnahme der Druckspannungen überlassen bleibt.

Bereits vor mehr als einem halben Jahrhundert hatten andere den Grundgedanken der Eisenbetonbauweise erfasst. Die Erfindung wird jedoch allgemein dem französischen Gärtner Monier zugeschrieben, der dieser Bauweise zuerst grössere Verbreitung verschaffte. Monier stellte zunächst etwa um das Jahr 1861 grosse Blumenkübel und Behälter aus Zement oder Beton her, welche er mit einem in die Wandungen eingebetteten Drahtgitterwerk versah, um die Wandstärke und somit das Gewicht zu verringern und die Dauerhaftigkeit zu erhöhen. Später wurde die Bauweise auf grössere Wasserbehälter, auf Decken usw. ausgedehnt. Im Jahre 1867 war neben Monier auch Coignet auf der Pariser Weltausstellung vertreten, dessen Decken-, Gewölbe- und Röhrenkonstruktionen ebenfalls den Grundgedanken der Eisenbetonbauweise erkennen liessen. In demselben Jahre nahm Monier sein erstes französisches Patent und in den folgenden Jahren weitere Patente sowohl in Frankreich wie im Auslande über Behälter, Decken, gerade und gebogene Balken usw.

Die Monierbauweise fand zunächst besonders in Deutschland Verbreitung und zwar durch die 1875 gegründete Firma Freytag & Heidschuck (jetzt Wayss & Freytag) in Neustadt a. d. Haardt, Martenstein & Josseaux in Offenbach a. M. sowie durch den Ingenieur G. A. Wayss. Zur schnellen Verbreitung trugen namentlich grosse in Berlin vorgenommene Belastungsproben bei, deren Ergebnisse in der Broschüre: „Das System Monier. Eisengerippe mit Zementumhüllung“ 1887 von G. A. Wayss veröffentlicht wurden. Dieselbe enthielt auch

schon Berechnungsmethoden, die auf Grund obiger Belastungsversuche von dem Regierungsbaumeister Koenen, später Direktor der Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau in Berlin, aufgestellt sind.

Gleichzeitig und später entstanden eine grosse Reihe anderer Bauweisen in den verschiedenen Ländern, die auf demselben Grundgedanken beruhten, so die Bauweisen von Möller, Koenen und von Rabitz in Deutschland, von Wünsch und von Melan in Oesterreich-Ungarn, von Fairbairn in England, Ward, Hyatt, Golding und Ransome in Amerika, von Cottancin, Coignet, Matrai, Bonna und Chassin in Frankreich. In letzterem Lande wurde besonders die Bauweise Hennebique ausgebildet und vervollkommenet und verbreitete sich bald über die ganze Erde. Sowohl im Hochbau wie im Tiefbau findet heute der Eisenbeton die ausgedehnteste Anwendung. Nicht nur Decken, Träger, Stützen, Wände, Treppen, Dächer und ganze Gebäude werden jetzt aus Eisenbeton hergestellt, sondern man fertigt daraus ebenso Rohrleitungen, Behälter, Schornsteine, Leuchttürme, Gründungen der verschiedensten Art, Brücken, Böschungs- und Uferbekleidungen, Wehre, Schleusen und sonstige Wasserbauwerke, Festungsbauten usw. Diese grosse Verbreitung verdankt der Eisenbeton den zahlreichen Vorzügen, die ihn vor den sonstigen Hauptbaustoffen, Stein, Holz und Eisen, auszeichnen.

Lange Zeit wurde dem Eisenbeton von seinen Gegnern der Vorwurf gemacht, dass die daraus hergestellten Konstruktionen sich nicht mit Sicherheit berechnen lassen. Dieser Vorwurf trifft nicht mehr zu. Zwar bleibt auch heute noch über die Natur und das gegenseitige Verhalten der beiden zur Verwendung kommenden Stoffe, Beton und Eisen, viel aufzuklären und zu erforschen, doch sind wir mit den Eigenschaften derselben so weit bekannt, und sind die Berechnungsweisen so weit ausgebildet, dass wir die Abmessungen der einzelner Konstruktionsteile mit genügender Sicherheit vorherbestimmen können, wenn wir nur bei der Auswahl und Vorbereitung der Baustoffe sowie bei der Ausführung der Bauten mit der nötigen Sachkenntnis und Sorgfalt zu Werke gehen.

Eisenbetonkonstruktionen zeichnen sich im Vergleich zu solchen aus Eisen durch eine gewisse Steifigkeit aus, die in vielen Fällen von grossem Werte ist. Durch diese werden z. B. bei Gründungsplatten auf schlechtem Baugrund ungleichmässige Senkungen verhindert. In Fabriken bewirkt sie durch Abschwächung der Erschütterungen einen gleichmässigen Gang der Arbeitsmaschinen, was z. B. für die Webstühle in Webereien von grossem Werte ist. In einem Bauwerk aus Eisenbeton findet ausserdem ein so weitgehendes Zusammenwirken aller einzelnen Teile statt, dass man ein sehr grosses Widerstandsvermögen gegen alle Arten von Nebenspannungen erhält.

Was den Rauminhalt und das Eigengewicht anbelangt, so stellen sich dieselben für einen einzelnen Bauteil, z. B. für einen Pfeiler aus Eisenbeton, zwar bedeutend höher als für einen solchen aus Eisen. Es fallen jedoch bei der Eisenbetonbauweise eine Menge Nebenglieder für Befestigung usw. weg, so dass dieser Nachteil sich in Wirklichkeit sehr verringert oder auch ganz in Wegfall kommt, wie z. B. bei gewissen Deckenkonstruktionen, bei denen die Eisenbetonplatten oft den Fussboden, die Decke und einen wirksamen Teil des Trägers bilden können. Mit gewöhnlichem Mauerwerk verglichen, ergeben sich dagegen für den Eisenbetonbau bei Mauern, Pfeilern, Gewölben, Kanälen, Stütz- und Futtermauern und dergl. ganz bedeutend geringere Querschnitte und Gewichte.

Die Betonumhüllung schützt das Eisen ganz vorzüglich gegen Rosten. Es bezieht sich dies sogar auf etwas angerostetes Eisen, welches, längere Zeit in Beton gehüllt, seinen Rost verliert und wieder ein frisches Aussehen erhält. Es werden daher bei Eisenbetonbauten die Kosten für Aufbringung und Erneuerung des Anstriches gespart, der bei gewöhnlichen Eisenkonstruktionen zum Schutz gegen Rostbildung erforderlich ist. Der Beton schützt das Eisen auch namentlich gut gegen die verderblichen Einflüsse von Rauch und anderen Gasen sowie gegen die Einwirkungen von Feuchtigkeit.

Eisenbeton ist nicht nur höchst widerstandsfähig gegen Wasser, sondern er erträgt auch durchaus abwechselnde Feuchtigkeit und Trockenheit, wobei Holzkonstruktionen sehr bald durch Fäulnis zerstört werden. Für alle Bauwerke und Konstruktionen, die sich nur teilweise oder zeitweise unter Wasser befinden, ist daher Eisenbeton vorzüglich am Platze und gelangt bei Gründungen und Bauten im und am Wasser immer mehr zur Verwendung, da sich oft erhebliche Vorteile dadurch erzielen lassen. Beispielsweise ist man bei Anwendung hölzerner Pfahlroste für Gründungen gezwungen mit der ganzen Holzkonstruktion bis unter den niedrigsten Wasserstand hinabzugehen, während man bei Anwendung von Eisenbetonpfahlrost von dem Wasserstande völlig unabhängig ist.

Eisenbeton besitzt auch gegen die meisten anderen Flüssigkeiten grosse Widerstandsfähigkeit, so dass daraus hergestellte Behälter eine grosse Dauer besitzen und die darin aufbewahrten Flüssigkeiten nicht der Veränderung oder dem Verderben ausgesetzt sind.

Zahlreiche Versuche haben ergeben, dass die Wärmeausdehnungskoeffizienten für Eisen und Beton nahezu gleich gross sind. Es kann daher der Wechsel der Temperatur auch keinen schädlichen Einfluss auf den notwendigen Zusammenhang beider Stoffe ausüben. Selbst bei sehr hohen Temperaturen, wie sie bei Feuersbrünsten und Brandproben beobachtet wurden, fand ein Ablösen des Betons von der Eiseneinlage nicht statt. Obgleich das Eisen ein sehr guter Wärmeleiter ist und eine viel grössere Wärmeaufnahmefähigkeit besitzt als der Beton, so bewirkt die Umhüllung durch den letzteren, also durch einen schlechten Wärmeleiter, doch, dass es bei Temperaturänderungen die Wärme nur langsam aufnehmen und wieder abgeben kann. Notwendigerweise muss die Temperatur an der Berührungsoberfläche beider Stoffe immer die gleiche sein.

Als ein sehr grosser Vorteil des Eisenbetons ist dessen hohe Feuersicherheit hervorzuheben, die oft schon allein den Ausschlag für die Wahl dieser Bauweise gibt.

Ferner ist für viele Zwecke die Wasserdichtigkeit des Betons von grossem Wert, die sich durch eine genügend fette Mischung oder durch einen Verputz aus fettem Zementmörtel leicht erzielen lässt.

Wie jeder andere Stoff dehnt sich Eisenbeton in der Wärme aus, während er sich bei Kälte wieder zusammenzieht. Es treten hierdurch Bewegungen, Risse, Ausbiegungen und innere Spannungen auf, die bei der Konstruktion berücksichtigt werden müssen. Eine nachträgliche Rissbildung wird bei Stücken von grosser Ausdehnung dadurch verhindert, dass man von vorherein sogenannte Ausdehnungsfugen anordnet. In vollständigster Weise ist dies beispielsweise bei einem grossen, ganz aus Eisenbeton hergestellten Fabrikgebäude geschehen, das vor einigen Jahren von der auf dem Gebiete des Eisenbetons hochverdienten

Firma Wayss & Freytag aus Neustadt a. d. Haardt für die Daimlermotorengesellschaft zu Untertürkheim errichtet wurde. Die Ausdehnungsfugen durchsetzen hier in gewissen Abständen in zwei auf einander senkrechten Richtungen parallel mit den Front- und Giebelwänden das ganze Gebäude einschliesslich des Daches. Sämtliche Fugen schlossen bei der Herstellung dicht und öffneten sich später um ein gewisses Mass, was als bestes Zeichen für ihre Notwendigkeit gelten kann.

Auch durch das Austrocknen der Betonmasse wird Rissbildung erzeugt. Diese Risse lassen sich durch geeignete Massnahmen bei der Herstellung auf eine sehr geringe, unschädliche Grösse zurückführen, z. B. durch Vermeidung zu fetter Mischungen, da Mörtel aus reinem Zement beim Trocknen viermal so viel schwindet wie Mörtel im Mischungsverhältnis 1:3. Für letzteren beträgt dieses Schwindmass 0,5 mm/m. Ausserdem hat man dafür Sorge zu tragen, dass Zement von bekannter Güte zur Verwendung gelangt, dass das Abbinden nicht künstlich beschleunigt wird, dass während der Abbinde- und Erhärtungszeit die hergestellten Gegenstände oder Bauteile beständig feucht gehalten und vor Sonnenbestrahlung und Wind geschützt werden, dass die Ausführungen bei einer mittleren Temperatur vorgenommen werden, und dass der mit möglichst wenig Wasser anzumachende Beton gehörig durchgearbeitet und gestampft wird, wo sich dies irgend ausführen lässt. Durch das feste Haften des Betons an der Eiseneinlage wird ferner bewirkt, dass die trotz obiger Vorsichtsmassregeln etwa entstehenden Risse sich gleichmässig über die ganze Oberfläche verteilen und infolge ihrer Feinheit unschädlich werden.

Als ein Nachteil von Eisenbetonbauausführungen dürfte für gewisse Gebäude die Leichtigkeit der Wärme- und Schallübertragung zu nennen sein, die man jedoch durch Anordnung hohler Wände und Decken abschwächen kann. Durch seine leichte Wärmeübertragung und seine grosse Dichtigkeit, die etwa gleich der der meisten natürlichen Steine ist, erscheint der Beton als Baustoff für äussere Wände von Wohngebäuden und dergl. nicht sehr geeignet. Daher wird bei solchen Gebäuden sehr zweckmässig oft nur ein tragendes Gerippe aus Eisenbeton hergestellt, während die dazwischenliegenden, äusseren Felder mit Ziegelsteinmauerwerk oder dergl. ausgefüllt werden. Oft setzt man auch eine schwächere Ziegelmauer vor dieses Eisenbetongerippe, welche dann durch die Decken- und Dachlast nicht beansprucht wird und daher nur eine geringe Stärke zu erhalten braucht.

Wegen der Eiseneinlagen und wegen der grossen Härte des Betons lassen sich nachträgliche Oeffnungen und Durchbrechungen für Gas- und Wasserleitungsrohre und dergl. in Eisenbetonwänden und -Decken nur schwierig ausführen; man muss sie daher immer gleich bei der Herstellung der Wände und Decken vorsehen. Auch sind zur Anbringung von Nägeln, Schrauben und dergl. während des Baues Holzdübel mit einzustampfen.

Während der Bauausführung dagegen lassen sich derlei Oeffnungen nicht nur mit der grössten Leichtigkeit herstellen, sondern auch alle anderen Unregelmässigkeiten werden bei dem grossen Anpassungsvermögen des Eisenbetons und seiner Steifigkeit ohne jede Schwierigkeit überwunden. Die mächtigen Auskragungen ganzer Bauwerke, die schiefen oder anderweitig unregelmässigen Gewölbe, die kühnen, nur an wenig Punkten unterstützten Treppenanlagen sind

geeignet, unsere Bewunderung zu erregen. Sie würden sich aus keinem anderen Baustoff in auch nur annähernd ebenso einfacher und leichter Weise ausführen lassen.

Als grosser Vorteil von Eisenbetonarbeiten ist noch besonders deren sehr kurze Bauzeit hervorzuheben. Während ausserdem die Herbeischaffung anderer Baustoffe oft Schwierigkeiten verursacht, und das Heben und Versetzen derselben bisweilen kostspielige Gerüste und Hebezeuge erfordert, zeigt der Eisenbeton auch in dieser Beziehung grosse Ueberlegenheit. Die notwendigen Rohstoffe, Zement, Sand, Kies oder Steinschlag, sind fast überall vorhanden oder doch leicht zu beschaffen, und die Eiseneinlagen, die meist aus Draht, Rund- und Flacheisen oder gewöhnlichen Profileisen bestehen, bilden eine gangbare Handelsware, deren Zurichtung sich auch auf dem Bauplatz mit einfachen Werkzeugen oder Maschinen leicht bewerkstelligen lässt. Alle diese Stoffe lassen sich je nach Bedarf in so kleine Teile zerlegen, wie es für deren bequeme Beförderung, Hebung oder Versetzung erwünscht ist.

Eisenbetonausführungen erfordern jedoch grosse Sachkenntnis und Gewissenhaftigkeit beim Entwurf und bei der Berechnung, sowie strenge Aufsicht und geübte Werkleute bei der Ausführung. Wenn auch zu vielen bei Eisenbetonbauten vorkommenden Arbeiten jeder gewöhnliche, anstellige Arbeiter bald auszubilden ist, so wird doch stets ein tüchtiger, erfahrener Werkmeister und eine der Grösse des Baues entsprechende Anzahl ebensolcher Vorarbeiter notwendig sein. Namentlich ist den Rüstungen und Einschaltungen beständig grosse Aufmerksamkeit zu widmen. Sie dürfen durch das Einstampfen des Betons nicht erschüttert werden oder seitlich sich ausbiegen. Seitliche Schalungen können zwar meist schon nach einigen Tagen entfernt werden, doch müssen Decken, Träger und ähnliche sich freitragende Bauteile von unten her so lange unterstützt bleiben, bis der Zement im Beton vollständig abgebunden hat und genügend erhärtet ist, wozu in der Regel eine Frist von mehreren Wochen notwendig ist. Stets soll das Ausschalen mit solcher Sorgfalt geschehen, dass Erschütterungen der geformten Eisenbetonkörper ausgeschlossen sind.

Damit die Haftfestigkeit zwischen Beton und Eisen, welche der Scherfestigkeit des ersteren etwa gleichkommt und ungefähr 40 bis 45 kg/qcm beträgt, wirklich überall zur Geltung kommt, ist bei Eisenbetonarbeiten besonders sorgfältig darauf zu achten, dass die Eiseneinlagen auch überall innig und dicht von der Betonmasse umgeben werden. Um letzteres zu erreichen, verwendet man beim Einstampfen vielfach besonders geformte, schmale, eiserne Stampfen (Fig. 12b), mit denen man auch in schmale Zwischenräume gelangen kann. Unter Umständen wird die Eiseneinlage auch dem Fortschritt des Einstampfens entsprechend erst nach und nach eingebracht, oder man führt z. B. bei Herstellung eines Pfeilers die eine Seitenwandung der Einschaltung, je nachdem die Arbeit des Einstampfens fortschreitet, erst nach und nach aus und dergl. mehr. Werden die Zwischenräume zwischen den Eiseneinlagen so eng, dass ein Stampfen des Betons nicht mehr möglich ist, so wird der letztere bezw. der Zementmörtel, der dann in der Regel etwas fetter ist, mit mehr Wasserzusatz angemacht und eingegossen. Wo es irgend geht, zieht man jedoch einen mit weniger Wasserzusatz zubereiteten und dann gestampften Beton vor, weil derselbe im allgemeinen

bessere Eigenschaften besitzt als ein mit mehr Wasserzusatz hergestellter. Ersterer ist dichter, fester und schwindet auch weniger als letzterer.

Zieht man die Dauer mit in Betracht und die Ersparnis, die durch den fast gänzlichen Wegfall an späteren Unterhaltungskosten erzielt wird, so stellen sich allgemein Bauwerke aus Eisenbeton in der Regel billiger als andere massive Ausführungen oder solche aus Eisen.

Sowohl für die prüfenden und beaufsichtigenden Baupolizeibehörden als auch für die Unternehmer bildete lange Zeit hindurch der Mangel an einheitlichen Vorschriften für die Ausführung und Berechnung von Eisenbetonbauten einen grossen Uebelstand, der um so mehr empfunden wurde, je gewaltiger die grosse Anzahl der zur Anwendung gelangenden, unter sich oft sehr verschieden gearteten Bauweisen answoll. Dem ist durch die „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten“ abgeholfen, die von dem preussischen Ministerium für öffentliche Arbeiten am 16. April 1904 aufgestellt und am 24. Mai 1907 in etwas abgeänderter und erweiterter Auflage neu herausgegeben worden sind.

Nachdem wir so in dieser allgemeinen Uebersicht den Begriff des Eisenbetons klargelegt und die wichtigsten Eigenschaften desselben kurz angeführt haben, wollen wir zunächst die zur Verwendung kommenden Baustoffe einer näheren Betrachtung unterziehen.

## Die Baustoffe.

### Der Portlandzement.

Der wirksamste und daher wesentlichste Bestandteil des Eisenbetons ist der Zement. Es kommt fast ausschliesslich Portlandzement für diese Bauweise zur Verwendung. Dieser wird auch durch die Bestimmungen vom 24. 5. 07 vorgeschrieben (§ 2.2), und zwar soll er den preussischen Normen entsprechen.

Geschichtliches. Hydraulische Mörtel oder Wassermörtel, d. h. solche, die auch unter Wasser erlärten, waren bereits im Altertum bekannt. Beispielsweise wandten die Römer Mörtel aus gelöschtem Kalk und Puzzolane, einem vulkanischen, erdigen Tuffgestein, für ihre Wasserbauten an. Aber über das innere Wesen dieser Mörtel war man lange im unklaren. Erst im Jahre 1756 fand der englische Ingenieur John Smeaton gelegentlich der Wiederherstellungsarbeiten des zerstörten Eddystone-Leuchtturms, dass der wirksame Bestandteil der Kalksorten, welche Wassermörtel lieferten, ihr Tongehalt sei. James Parker stellte dann 40 Jahre später aus in der Natur vorkommenden, tonhaltigen Kalksteinen den ersten „römischen- oder Romanzement“ her, der in Stücken nicht mehr im Wasser löschte, aber gepulvert einen schnell abbindenden Wassermörtel lieferte. Sowohl in England wie in Frankreich, in letzterem Lande besonders von Vicat, wurden darauf vielfach Versuche angestellt, Zement aus einer künstlichen Mischung von Kalk und Ton herzustellen. Am besten gelang dies einem englischen Maurer Joseph Aspdin, welcher auf sein Herstellungsverfahren im Jahre 1824 ein englisches Patent nahm. Er nannte sein Erzeugnis, das er durch Brennen einer bestimmten Mischung von gelöschtem Kalk und Ton bei sehr hoher Temperatur und darauf folgende Zerkleinerung zu Pulver erhielt, Portlandzement wegen der Aehnlichkeit, die dasselbe mit dem in England als Baustein

sehr geschätzten Portlandstein besass. Bald entstanden nun in England die ersten Portlandzementfabriken, und der neue Baustoff fand nicht nur hier die weiteste Verbreitung, sondern wurde auch im Auslande überall eingeführt. Nachdem man schon um das Jahr 1850 in Frankreich mit der Portlandzementfabrikation begonnen hatte, wurde in Deutschland 1855 bei Stettin die erste Portlandzementfabrik durch Dr. Hermann Bleibtreu errichtet und von Dr. Hugo Delbrück, dem ersten und langjährigen Vorsitzenden des 1877 gegründeten „Vereins deutscher Zementfabrikanten“ in vorzüglicher Weise geleitet. Der deutsche Portlandzement erwies sich dem englischen ebenbürtig. Dies gab zur Errichtung weiterer Fabriken in Deutschland Veranlassung, und der englische Zement wurde nicht nur aus Deutschland verdrängt, sondern das deutsche Erzeugnis trat auch bald im Auslande und sogar in England selbst mit jenem erfolgreich in Wettbewerb.

Diesen grossen Erfolg verdanken die deutschen Fabriken der Gewissenhaftigkeit und Gründlichkeit, mit denen von Anfang an in ihnen verfahren wurde. Während man in England lange Zeit sich von Erfahrungsregeln bei der Herstellung des Portlandzementes leiten liess, stellte man sich in Deutschland von vorn herein auf einen wissenschaftlichen Standpunkt. Jede Fabrik besass hier ihren akademisch gebildeten Chemiker, durch welchen die Rohstoffe und Erzeugnisse beständig untersucht und geprüft wurden, so dass die Auswahl und das Mischungsverhältnis der Rohstoffe sowie das Herstellungsverfahren einer beständigen Aufsicht unterworfen waren und man die Herstellungsweisen erfolgreich verbessern konnte.

Aeusserst segensreich wirkte in dieser Beziehung auch der „Verein deutscher Zementfabrikanten“, der seinen Namen im Jahre 1889 in „Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten“ umänderte, durch seine jährlichen Versammlungen, durch die Arbeiten seiner Sonderausschüsse und durch die scharfe Kontrolle, welche er über die Fabrikate seiner Mitglieder ausübt. Während der Verein im Jahre 1877 von 23 Zementfabriken gegründet wurde, zählte derselbe im Jahre 1902 95 Mitglieder und umfasst jetzt fast alle bedeutenden Portlandzementfabriken Deutschlands sowie mehrere des Auslandes mit einer Jahresproduktion von über 20 000 000 Fass. Einen grossen Fortschritt bildeten die auf Vorschlag des Vereins im Königl. Preuss. Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittelst Zirkularerlass vom 28. Juli 1887 aufgestellten Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement, die sich inzwischen auch in ausserpreussischen Bundesstaaten Geltung verschafft haben und später durch Erlass vom 19. Februar 1902 ergänzt bzw. abgeändert wurden. Durch diese Normen wurde den Abnehmern von Portlandzement ein Mittel geboten, die Güte desselben zu prüfen.

**Begriffserklärung und Herstellung.** Portlandzement ist ein Produkt, entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und tonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandteilen bis zur Sinterung und darauf folgende Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit.

Im Durchschnitt ist das Mischungsverhältnis der Rohstoffe ein solches, dass auf 75 Teile Kalk 25 Teile Ton kommen. Die genauen Verhältniszahlen muss jede Fabrik nach der Beschaffenheit ihrer Rohstoffe bestimmen, da sich dieselben nach den in letzteren noch vorkommenden Kieselsäure-, Alkalien- und Eisen-

verbindungen usw. richten. Nur äusserst selten kommen Kalk und Ton schon in dem richtigen Mischungsverhältnis in der Natur vor, z. B. in Perlmoos in Tirol. In der Regel müssen sie erst künstlich gemischt werden, oder es muss wenigstens dem tonhaltigen Kalk oder dem kalkhaltigen Ton ein Teil von dem einen oder anderen Stoff noch zugemischt werden. Um eine recht innige Mischung zu erhalten, werden die Rohstoffe fein zerkleinert und gemahlen. Dies Zerkleinern und Mischen geschieht je nach der Beschaffenheit der Rohstoffe nach dem trockenen, nassen oder gemischten Verfahren durch Steinbrecher, Steinmühlen, nasslaufende Kollergänge, Schlämmen usw. Aus dem Rohmehl oder der genügend eingedickten Schlämme werden dann Ziegel geformt und meist in Oefen mit beständigem Betriebe (Ringöfen, Dietzsch'schen Etagenöfen) bei einer Temperatur von etwa 1500° R. bis zur Sinterung gebrannt, wodurch man die sogen. Zementklinker erhält. Beim Brennen in den aus Amerika jetzt auch in Europa vielfach eingeführten Drehrohröfen wird unmittelbar der dicke Rohschlamm oder das Rohmehl in den Ofen eingeführt, so dass durch Wegfall der Formgebungsarbeiten der Rohziegel an Arbeitskräften gespart wird. Durch Zerkleinern und Mahlen der Klinker auf Steinbrechern, Walzenstühlen, Mahlgängen, Kugelmühlen, Rohrmühlen usw. erhält man dann den fertigen Zement.

Durch das Brennen wird die Kohlensäure sowie das mechanisch beigemischte und das chemisch gebundene Wasser ausgetrieben. In der hohen Temperatur wirkt der freie Kalk aufschliessend auf die kieselsaure Tonerde, das heisst die Masse wird so umgewandelt, dass sie durch Salzsäure zerlegbar wird. Solche kieselsäurehaltige Stoffe haben die Eigenschaft, in pulverförmigem Zustande mit Wasser in Berührung gebracht dieses chemisch zu binden und dadurch zu erhärten.

Chemische Zusammensetzung. Die Hauptbestandteile des Portlandzements sind Kalk, Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd und meist auch geringe Mengen von Magnesia. Da die zur Verwendung kommenden Rohstoffe in der Natur nie in chemisch reinem Zustande vorkommen, so sind auch oft kleine Beimengungen von Alkalien und von Schwefelsäure vorhanden. Letztere kann auch aus dem Schwefelgehalt der als Brennstoff dienenden Steinkohle oder aus dem Gyps stammen, der, wie wir später sehen werden, aus bestimmtem Grunde zuweilen zugesetzt wird.

Gute Portlandzemente haben in der Regel ungefähr folgende Zusammensetzung:

Kalk . . . . .	59—65 %
Kieselsäure . . . . .	20—26 %
Tonerde und Eisenoxyd	7—14 %
Magnesia . . . Spuren	— 3 %
Alkalien . . . Spuren	— 3 %
Schwefelsäure . Spuren	— 2 %

Innerhalb dieser Grenzen bestimmt jede Fabrik die der Natur ihrer Rohstoffe angepasste, zur Erzeugung eines guten Zements günstigste Mischung und muss, um dieses Mischungsverhältnis aufrecht erhalten zu können, beständige chemische Analysen ihrer Rohstoffe vornehmen, weil sich deren Zusammensetzung in den verschiedenen Lagen und an den einzelnen Stellen der Steinbrüche und Tongruben oft erheblich ändert.

Farbe und Feinheit des Korns. Portlandzement bildet ein feines, scharf anzuführendes Pulver von grünlichgrauer Farbe. Gelbliche, rötlich- oder bräunlichgraue Farbe lässt auf zu schwachen Brand oder auf eine zu tonreiche Mischung schliessen. Auch erhärteter Portlandzement ist bläulichgrau, während gelbe oder braune Farbe Schwachbrand oder zu grossen Tongehalt anzeigen. Unter dem Mikroskop zeigen auch die kleinsten Teilchen eine blättchen- oder tafelförmige, schieferige Beschaffenheit mit scharfen Ecken und Kanten, während sie bei dem viel schwächer und nie bis zur Sinterung gebrannten, gelblichen, rötlichen oder bräunlichen Romanzement stets ein mehr rundliches Korn aufweisen. Im allgemeinen ist Portlandzement um so wirksamer, d. h. er erlangt auch in mageren Mischungen eine um so grössere Festigkeit, je feiner er gemahlen ist, da die groben Teile fast nur als Füllmaterial, d. h. ebenso wie Sand wirken. Auf einem Siebe von 900 Maschen auf 1 qcm soll guter Portlandzement nur einen Rückstand von 5 (höchstens 10) v. H. ergeben und auf einem Siebe von 5000 Maschen auf 1 qcm höchstens 30 v. H. Natürlich gibt die Feinheit der Mahlung allein noch keine Gewähr für die Güte der Ware, da die oben erwähnten zu schwach gebrannten oder zu tonreichen Portlandzemente sich viel leichter recht fein mahlen lassen als die guten und bis zur Sinterung gebrannten.

Spezifisches Gewicht. Portlandzement besitzt von allen Mörtelstoffen das grösste spezifische Gewicht, nämlich in frischem oder ausgeglühtem Zustande 3,12 bis 3,25. Dies hohe Gewicht verbunden mit dem schieferigen Korn bewirkt hauptsächlich die Bildung äusserst dichter und fester Mörtel. Beim längeren Lagern nimmt Portlandzement Feuchtigkeit und Kohlensäure aus der Luft auf, wodurch sich sein spezifisches Gewicht bis unter 3,1 herab vermindern kann. Längere Zeit gelagerter Zement soll daher ausgeglüht werden, bevor man sein spezifisches Gewicht bestimmt.

Abbinden und Abbindezeit. Portlandzement bildet, mit einer gewissen Menge Wasser angerührt, einen knetbaren Brei, der nach einiger Zeit erstarrt. Den Uebergang in die Erstarrung nennt man „das Abbinden“ und die Zeit, welche bis zur Erstarrung verfliesst, „die Bindezeit“. Der Zement hat „abgebunden“, wenn die Oberfläche eines mit Wasser angerührten Zementkuchens einem leichten Drucke mit dem Fingernagel widersteht. Um diesen Kuchen herzustellen, wird der Zement mit etwa 30 v. H. reinem Wasser von 16 bis 20° C. mit einem Löffel oder Spatel 1 bis 2 Minuten lang ordentlich durchgeknetet und dann kuchenförmig auf eine reine Glasplatte so ausgebreitet, dass der Kuchen in der Mitte etwa 1 bis 1,5 cm dick ist und nach den Rändern hin dünn ausläuft, was durch mehrmaliges Aufstossen der Glasplatte erreicht wird. Der im Abbinden begriffene Kuchen muss vor Zugluft und unmittelbarer Sonnenbestrahlung geschützt werden. Es ist von höchster Wichtigkeit, bei jeder Bauausführung die Abbindezeit des zur Verwendung kommenden Zements genau zu kennen. Da bereits abgebundener und mit Wasser wieder von neuem angerührter Zementmörtel oder Zementbeton fast gar keine oder doch nur sehr geringe Erhärtungsfähigkeit besitzt, darf stets nur so viel Mörtel oder Beton zubereitet werden, wie in der Zeit bis zum Abbinden verarbeitet werden kann. Bereits abgebundene Mörtel- oder Betonreste müssen stets beseitigt werden. Keinesfalls dürfen sie wieder mit dem neuen Mörtel oder Beton verrührt werden.

Man unterscheidet die Portlandzemente in rasch- und langsambindende. Raschbindende Zemente nennt man solche, die innerhalb zwei Stunden abbinden, langsambindende solche, die eine längere Zeit zum Abbinden gebrauchen. Da der Fabrikant es in gewissen Grenzen in der Hand hat, rasch- oder langsambindenden Zement herzustellen, tut man gut, bei Bestellungen den Verwendungszweck und Wünsche wegen der Bindezeit anzugeben. In den weitaus meisten Fällen kommt langsambindender Zement zur Verwendung. Derselbe gewährt nicht nur eine längere Zeit für die Verarbeitung und daher die Anmachung grösserer Mörtel- oder Betonmengen auf einmal, sondern er erlangt auch im allgemeinen eine grössere Festigkeit als raschbindender Zement. Letzterer wird fast nur für besondere Zwecke angewandt, z. B. für Arbeiten bei Wasserandrang oder bei Frost, zum Ziehen von Gesimsen und dergl.

Ordentlich gelagerter Zement wird fast immer langsamer bindend und später fester als frisch verbrauchter, da die gröberen Teilchen durch die Einwirkung von Kohlensäure und Feuchtigkeit der Luft noch weiter zerfallen und die ganze Masse so feiner, gleichmässiger und wirksamer wird.

Bei warmer Temperatur bindet derselbe Zement rascher ab als bei kälterer. Ebenso wird die Bindezeit durch Verringerung der zugesetzten Wassermenge abgekürzt. Daher werden bei notwendigen Arbeiten bei Frost Zement, Wasser, Sand und Steine angewärmt und das Wasser auf ein möglichst geringes Mass beschränkt.

Während des Abbindens beobachtet man bei Zement- bzw. Betonkörpern Temperaturerhöhungen von 10 und mehr Grad.

Durch Zusatz von Gips und anderen schwefelsauren Salzen ebenso wie von Chlorcalcium wird das Abbinden verlangsamt. Nach den Normen ist ein Gipszusatz von 2% gestattet, durch den zugleich die Festigkeit erhöht wird. Dagegen wird durch die Alkalien (kohlen-saures Kali und Natron) die Bindezeit verkürzt.

Sowohl während des Abbindens wie während des späteren Erhärtens müssen Zementkonstruktionen vor Erschütterungen und vor Austrocknung durch unmittelbare Zugluft und Sonnenbestrahlung geschützt sein.

Erhärtung und Festigkeit. Der abgebundene Portlandzement besitzt die Fähigkeit, sowohl an der Luft als im Wasser weiter zu erhärten und in kurzer Zeit eine sehr bedeutende Festigkeit zu erlangen. Die grösste Festigkeit erlangt er jedoch erst nach mehreren Jahren. Das Erhärten beginnt erst nach dem Abbinden und ist von letzterem wohl zu unterscheiden. Beispielsweise erhärten die langsambindenden Zemente in der Regel schneller als die raschbindenden.

Beim Erhärten im Wasser wird letzteres chemisch gebunden und Kalkhydrat in der Masse ausgeschieden, während die Alkalien und geringe Mengen von Kalk und Kieselsäure an das Wasser abgegeben werden. Beim Erhärten an der Luft wird ebenfalls Wasser chemisch gebunden; ausserdem wird ein grosser Teil des ausgeschiedenen Kalkhydrats durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft in kohlen-sauren Kalk verwandelt. Portlandzement kann daher nie seine volle Härte erreichen, wenn ihm auf irgend eine Weise während des Abbindens und Erhärtens das zu seiner Erhärtung nötige Wasser entzogen wird.

Schon nach einigen Tagen erlangt Portlandzement eine bedeutende Festigkeit. Man prüft Portlandzement in der Regel auf Zugfestigkeit, weil diese Proben sich schnell und einfach ausführen lassen, obwohl in den Konstruktionen im allgemeinen hauptsächlich seine Druckfestigkeit ausgenutzt wird. Letztere ist etwa 8 bis 12 mal grösser als die Zugfestigkeit. Beim Eisenbetonbau haben ja, wie wir schon oben erwähnt haben, die Eiseneinlagen den Zweck, die Zugspannungen aufzunehmen. Nach den Normen soll ein Probekörper aus 1 Gewichtsteil Portlandzement und 3 Gewichtsteilen Normalsand nach 28 Tagen Erhärtung (1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser) eine Zugfestigkeit von mindestens 16 kg/qcm besitzen. Durch feine Mahlung wird die Festigkeit des Zements erheblich gesteigert. Ebenso nimmt die Festigkeit zu, wenn der Wasserzusatz möglichst gering genommen wird. Es muss jedoch stets so viel Wasser zum Anmachen genommen werden, dass bei anhaltendem Durcharbeiten oder beim Stampfen sich noch etwas Wasser an der Oberfläche zeigt. Zementmörtel bzw. Beton werden auch um so fester, je inniger und kräftiger die Massen durchgearbeitet werden. Maschinenmischung verdient in dieser Beziehung den Vorzug vor Handmischung. Von dem Einfluss der Zusatzstoffe Sand, Kies, Steinschlag auf die Festigkeit wird weiter unten die Rede sein.

Gegen Abnutzung, wie sie bei Fussböden u. dergl. in Frage kommt, ist Zementmörtel in Mischungen von 1 : 1 bis 1 : 2 in der Regel am widerstandsfähigsten.

**Raumbeständigkeit.** Alle Körper erfahren durch Temperaturerhöhung eine geringe Raumvergrößerung. Alle Mörtel und Steine werden ausserdem durch Austrocknung etwas zusammengezogen, während sie sich bei Durchtränkung mit Wasser etwas ausdehnen. Diese Rauminhaltsveränderungen sind bei Portlandzement sehr gering und im allgemeinen zu vernachlässigen, namentlich wenn der Portlandzement mit Sand gemischt ist. Ein Mörtelprisma von 100 mm Länge und 500 qmm Querschnitt dehnte sich im Wasser in den ersten vier Wochen durchschnittlich um 0,014 mm, in fünf Jahren um 0,023 mm aus bei einer Mischung von 1 : 3. Nach einem Jahre tritt kaum noch eine Raumveränderung ein. Bei Mörtel aus 1 Gewichtsteil Zement und 3 Gewichtsteilen Sand beträgt die Raumvermehrung etwa nur ein Viertel von derjenigen, die Mörtel aus reinem Zement erfährt. Ziegel, Kalksteine und Basalt zeigen etwa dieselben Raumveränderungen wie Portlandzementmörtel in der Mischung 1 : 3, während Sandsteine in der Regel Raumveränderungen aufweisen, die das Doppelte und mehr derjenigen von Zementmörteln obiger Mischung betragen.

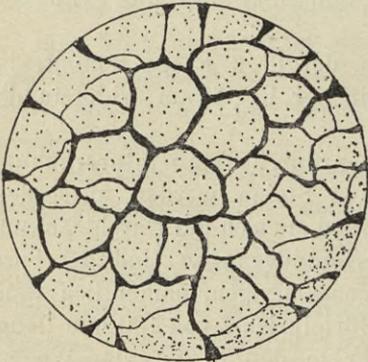
Jeder der Luft ausgesetzte Portlandzementmörtel schwindet beim Austrocknen. Reiner Portlandzementmörtel darf nur in geschlossenen Räumen verwendet werden, da nur hier das Austrocknen und Schwinden langsam und gleichmässig geschieht und die betreffenden Körper tadellos bleiben. Im Freien dagegen, bei Einwirkung von Regen, Wind und Sonnenschein, findet ein ungleichmässiges Schwinden statt. Die Körper trocknen und schwinden an der Oberfläche mehr als in dem noch feuchteren Innern, und es entstehen daher an der Oberfläche Schwindrisse, die im Verein mit weiterer Einwirkung von Feuchtigkeit und Trockenheit und mit Frost zur völligen Zerstörung führen. Reiner Zement, im Freien verwandt, ist daher nicht witterungsbeständig. Es genügt dagegen schon der Zusatz von 1 Teil Sand zu 1 Teil Portlandzement, um den

Mörtel wetterbeständig zu machen. Durch richtige Sandzumischung lässt sich das Schwinden stets auf ein sehr geringes, unschädliches Maß zurückführen.

Die oben angeführten Raumvermehrungen durch Wärme oder Durchtränkung mit Wasser sind wohl zu unterscheiden von der Raumvermehrung, die man unter „Treiben“ versteht, und die nur bei schlechten, fehlerhaft zubereiteten Portlandzementen gefunden wird. Das Treiben äussert sich in einer sehr starken Ausdehnung. Es treten Risse und Zerklüftungen ein, die den bereits eingetretenen Zusammenhang der Masse aufheben und eine gänzliche Zerstörung durch Zerfallen herbeiführen können. Ist der Mörtel dabei von Wänden oder Steinen eingeschlossen, so treten Verschiebungen und Berstungen dieser letzteren ein.

Das Treiben tritt nach dem Abbinden des Zements ein und zwar früher bei Zementkörpern unter Wasser als an der Luft. Um Zement auf seine Raumbeständigkeit zu prüfen, fertigt man in der oben bereits beschriebenen Weise einen Zementkuchen an, bei dem sich bei „treibendem“ Zement Treibrisse in der Regel schon bemerkbar machen, wenn der Kuchen einige Tage unter Wasser

Fig. 1.



Treibrisse.

gelagert hat. Treibender Zement wird erkannt an netzartigen, feinen Rissen, die sich über den ganzen Kuchen ausdehnen. Bei starkem Treiben bilden sich ausserdem Kantenrisse, die nach dem Mittelpunkt des Kuchens hin gerichtet sind und am Rande am weitesten auseinanderklaffen, während sie nach der Mitte zu sich verengen. Auch Verwerfungen und Verkrümmungen des Kuchens bilden ein Zeichen für treibenden Zement (Fig. 1).

Das Treiben ist stets eine Folge von Mangelhaftigkeit der Zementfabrikation. Meist ist die Mischung der Rohstoffe fehlerhaft, z. B. der Kalkgehalt ein zu hoher, ebenso der Gips- oder Magnesiumgehalt. Unsorgfältige Aufbereitung wie ungleichmässiger oder ungenügender Brand können ebenfalls die Ursache des Treibens bilden.

Während das Treiben infolge zu hohen Kalk- oder Gipsgehaltes an den Probekuchen sich durch Treibrisse oder Verkrümmungen schon nach einigen Tagen bemerkbar macht, tritt bei scharfgebrannten Portlandzementen mit zu hohem Magnesiumgehalt Treiben oft erst nach Verlauf von etwa einem Jahr bei Körpern unter Wasser ein. Ja bei Arbeiten an der Luft zeigen sich diese Treibererscheinungen oft erst nach mehreren Jahren. Gegen Verwendung schlechter Zemente mit zu hohem Magnesiumgehalt (über 3%) kann daher nur die chemische Analyse schützen.

Die auf Treiben zu beobachtenden Zementkuchen dürfen auch nicht zu früh, d. h. nicht vor dem völligen Abbinden des Zements, unter Wasser gelegt werden, da sich sonst auch bei gutem Portlandzement ähnliche Erscheinungen zeigen können wie bei treibendem Zement. Aus dem gleichen Grunde dürfen die Probekuchen nicht mit zu viel Wasser angerührt und dann der Luft ausgesetzt werden, da auch diese mürbe und bröckelig werden.

Treibende Zemente verlieren ihre treibende Eigenschaft oft durch längeres Lagern, wobei aus der Luft Feuchtigkeit aufgenommen wird und eine Ver-

feinerung des Kornes eintritt, namentlich wenn die Ursache des Treibens in zu geringem Brande liegt. Derlei Zemente sind jedoch stets im Vergleich zu normalgebrannten von gleichem Kalkgehalt minderwertig.

Von den Treibrissen sind die Schwindrisse wohl zu unterscheiden. Während die ersteren die Folge von mangelhafter Zementfabrikation sind, bilden die letzteren eine Folge von mangelhafter Behandlung des Zements bei der Verarbeitung. Sie entstehen durch zu fette Mischungen bei Verwendung des Portlandzements bei Arbeiten an der Luft, durch zu rasches und ungleichmässiges Austrocknen bei Zugluft und Sonnenbestrahlung und durch ungenügendes Feuchthalten während des Abbindens und während der ersten Zeit der Erhärtung.

Am Probekuchen erscheinen Schwindrisse schon während des Abbindens, während Treibrisse sich stets erst nach dem Abbinden bilden. Schwindrisse bilden meist unregelmässige, krumme Linien, die in sich selbst zurücklaufen und sich über die Mitte des Kuchens erstrecken. Schwindrisse bilden sich bei gröber gemahlene Zementen nicht so leicht wie bei solchen, die recht fein gemahlen sind (Fig. 2).

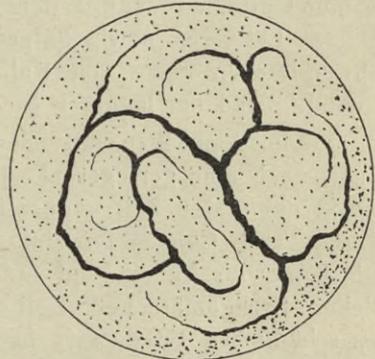
Schliesslich seien noch die Haarrisse erwähnt. Es sind dies sehr feine Risse, die sich an der Oberfläche älterer Zementarbeiten im Freien zuweilen zeigen, wenn die Oberfläche aus einer zu fetten Mörtelmischung besteht. Haarrisse entstehen durch die immerwährenden Ausdehnungen und Zusammenziehungen, die die Körper durch die Einwirkung von Wärme und Kälte sowie von Trockenheit und Feuchtigkeit erfahren. Haarrisse wie Schwindrisse lassen sich durch sachgemässe Herstellung der Arbeiten, namentlich durch Verwendung nicht zu fetter Mörtelmischungen so gut wie gänzlich vermeiden.

Verhalten gegen andere Stoffe. Pulverförmiger Zement wird durch starke Säuren vollständig zersetzt, ebenso durch Wasser bei anhaltendem Schütteln.

Durch längeres Lagern in feuchter Luft wird Zement knollig und stückig, bindet teilweise ab und wird zuletzt völlig unbrauchbar. Gut und trocken aufbewahrt dagegen wird er langsamer bindend, erlangt eine höhere Festigkeit und wird auch raumbeständiger. Es geschieht dies durch Einwirkung von Feuchtigkeit und Kohlensäure der Luft und durch Zerfallen gröberer Teilchen. In geschlossenen, trockenen Räumen lässt sich Portlandzement, in Fässern oder Säcken verpackt, monatelang gut aufbewahren.

Erhärteter Zement ist gegen die Einwirkung anderer Stoffe viel widerstandsfähiger als solcher in Pulverform. Die Kohlensäure der Luft fördert die Lufterhärtung, indem sie Kalkhydrat in kohlensauren Kalk umwandelt. Durch sehr reines, fließendes Wasser kann Zementverputz angegriffen werden, indem das beim Erhärten sich ausscheidende Kalkhydrat aufgelöst und fortgeführt wird. Noch mehr angegriffen wird Zementverputz von Wasser, welches freie Kohlensäure in Lösung enthält, da sich dann im Wasser leicht löslicher, doppelkohlensaurer Kalk bildet. Gegen kohlensäurehaltiges Wasser schützt man Zementarbeiten durch einen Ueberzug von Siderosthen (zu beziehen von der Aktien-

Fig. 2.



Schwindrisse.

gesellschaft für Asphaltierung und Dachbedeckung, vormals Johannes Jeserich, zu Hamburg) oder Asphaltlack. In der Regel schadet im Wasser gelöste, freie Kohlensäure dem Zement nicht, wenn dieses Wasser mit Salzen gesättigt ist, die an und für sich den Zement nicht angreifen. Von stärkeren Säuren wirken namentlich diejenigen auf Zement sehr schädlich, welche lösliche Kalksalze bilden, wie Salzsäure, Salpetersäure und Essigsäure. Weniger schädlich wirken solche Säuren, welche mit Kalk schwer lösliche oder unlösliche Verbindungen geben wie Schwefelsäure, Flusssäure und, an der Luft, auch schweflige Säure. Nachteilig wirken auch Milchsäure, Gerbsäure sowie sauer gewordenes Bier.

Ohne Einfluss auf erhärteten Zement sind Kali, Natron und Ammoniak. Günstig für die Erhärtung wirken die kohlen-sauren Alkalien. Ohne nachteiligen Einfluss sind die Verbindungen der Alkalien mit Salzsäure (Kochsalz, Salmiak). Nachteilig auf die Erhärtung wirkt jedoch das im Meerwasser enthaltene Magnesiumchlorid, da es mit dem Kalkhydrat im Wasser lösliches Calciumchlorid bildet. Letzteres sowie Salpeter sind dagegen ohne Einfluss. Die löslichen schwefelsauren Salze von Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium wirken nachteilig und bei längerer Einwirkung zerstörend.

Beim Anmachen mit Seewasser bindet Zementmörtel langsamer ab und erhält auch eine geringere Festigkeit. Auf Zementbauten wirkt das Seewasser nur in der ersten Zeit ungünstig ein, namentlich durch den Gehalt von schwefelsaurem und Chlor-Magnesium. Diese ungünstige Einwirkung erstreckt sich jedoch nur im Anfang und auf eine Schicht der Oberfläche von sehr geringer Dicke. Sachgemäss hergestellte Zementbauten stellen dem tieferen Eindringen des schädlichen Seewassers bald durch ihr dichtes Gefüge, durch Ablagerung von abgeschiedener, unlöslicher Magnesia in den Poren der Oberfläche, durch Bildung von kohlen-saurem Kalk in der obersten Schicht sowie durch Schlamm- absatz und Vegetationsbildung an der Oberfläche ein undurchdringliches Hindernis entgegen, so dass der innere Körper mit der Zeit weiter erhärtet und vor fernern, schädlichem Einfluss des Seewassers geschützt bleibt. Sachgemäss hergestellte Zementbauten mit möglichst dichter Oberfläche, also aus nicht zu magerer, weil sonst zu poröser Oberfläche, haben sich bisher im Seewasser stets gut gehalten. Vielfach wird dem Zementmörtel für Seebauten Trass zugesetzt, wodurch die Widerstandsfähigkeit erhöht und zugleich etwas an Kosten gespart werden soll.

Während Mineralöle und Teer erhärteten Portlandzement nicht angreifen, wird derselbe von fetten Oelen erweicht besonders bei mageren Mischungen, indem die Fettsäuren sich mit dem Kalk des Zements zu Kalkseifen vereinigen.

Bei Kanalisationen haben sich Zementröhren immer gegen den Einfluss der Kanalwässer widerstandsfähig erwiesen, wenn letztere nur nicht einen zu grossen Säuregehalt besaßen.

Eisen, das von mit Süsswasser angemachtem Zementmörtel dicht umhüllt ist, wird dadurch sicher gegen Rost geschützt. Dagegen soll das Eisen von Rost angegriffen werden, wenn der Mörtel mit Meerwasser angemacht wurde. Zink- und Bleirohre sind oft durch den umbüllenden Zementmörtel zerstört worden, besonders wenn der Mörtel porös und durchlässig war. Hier schützt ein Anstrich der betreffenden Rohre und dergl. mit Asphaltlack.

Verhalten gegen hohe Hitze und Kälte. Die hohe Temperatur eines heissen Klimas übt auf die Erhärtung von Portlandzement keinen nachteiligen Einfluss, wenn nur dafür gesorgt wird, dass demselben während des Abbindens und der ersten Zeit des Erhärtens das notwendige Wasser nicht entzogen wird. Heisses Wasser bis  $100^{\circ}$  C. ist für erhärteten Zement nicht schädlich. Heisses Wasser beschleunigt die Erhärtung. Bei Temperaturen von über  $100^{\circ}$  beginnt die Festigkeit nachzulassen; doch können Zementbetonkonstruktionen immer noch Temperaturen von  $200$  bis  $300^{\circ}$  C. ohne besonderen Schaden ausgesetzt werden. Schornsteine und dergl. aus Zementbeton haben sich gut erhalten, und Eisenkonstruktionen sind durch Umhüllung mit Zementbeton erfolgreich gegen die Wirkungen der Stichflammen und des Löschwassers bei Feuersbrünsten geschützt worden. Nur anhaltende Rotglut macht den Zement schliesslich mürbe.

Gegen Frost zeigt sich Portlandzement widerstandsfähiger als die meisten anderen hydraulischen Bindemittel. Der Frost ist ganz unschädlich, wenn der Zement abgebunden hat. Während des Abbindens kann der Frost schädlich wirken, namentlich wenn der Mörtel mit sehr viel Wasser angemacht war. Möglichst beschränkter Wasserzusatz und das vorherige Anwärmen desselben sowie der anderen zur Verwendung kommenden Baustoffe gestatten auch bei Frostwetter die Ausführung von Bauausführungen mit Portlandzement, namentlich wenn raschbindender Zement in diesem Falle zur Verwendung kommt. Frostwetter verzögert in diesem Falle nur das Abbinden und die Erhärtung, die aber später die normale Höhe erreicht. — Verputzarbeiten jedoch sollen niemals bei Frostwetter ausgeführt werden.

Zusätze. Um gutem Portlandzement gewisse Eigenschaften namentlich in bezug auf Abbindezeit und Farbe zu erteilen, werden demselben bisweilen andere Stoffe zugesetzt. Von diesen ist besondere Gips zu nennen, welcher raschbindenden Zement langsam bindend macht und zugleich die Festigkeit desselben erhöht. Nach den „Normen“ ist jedoch nur ein Gipszusatz bis zu 2 v. H. gestattet. Ein höherer Gipszusatz macht den Zement treibend.

Von Farbstoffen werden nur solche aus dem Mineralreich verwandt. Dunkelgrau und schwarz färbt man Zement mit Braunstein oder Kohlenchwärze (Zementschwarz), rot mit Eisenoxyd (das schwefelsäurefrei sein muss), gelb und braun mit Ocker, grün und blau mit Ultramarin. Nur letzteres erhöht die Festigkeit, während dieselbe durch die anderen Farbzusätze herabgemindert wird. Weiss lässt sich Portlandzement nicht färben. Eine möglichst helle Färbung erhält man durch Zusatz von reinem, gelöschtem Kalk, sowie von weissem Sande oder gemahlenem, weissem Marmor.

Andere Zusätze, die dem Portlandzement etwa in gewinnüchtiger Absicht beigemischt werden, wie Hochofenschlacke, Kalkstein, Tonschiefer und dergl. darf derselbe nicht enthalten, wenn nicht diese Zusätze beim Verkauf bekannt gegeben werden. Die guten Eigenschaften eines reinen Portlandzements werden durch derartige Zusätze stets herabgemindert.

Prüfung. Um sich möglichst vor der Verwendung minderwertigen Portlandzements zu schützen, kaufe man denselben von einem Mitgliede des „Vereins Deutscher Portlandzementfabrikanten“, welcher die Fabrikate seiner Mitglieder beständig in seinem eigenen Laboratorium in Karlshorst bei Berlin untersuchen

lässt. Im übrigen gelten allgemein als Grundlage für Prüfung und Lieferung die bereits mehrfach erwähnten „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement“, aufgestellt von dem Königl. Preuss. Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittels Zirkularerlass vom 28. Juli 1887 bzw. 19. Februar 1902 sowie die „Anweisung für die Ermittlung des Nettogewichts bei Abnahme von Portlandzement“ vom 23. April 1897.<sup>1)</sup> Wir führen aus den Normen noch folgende Bestimmungen an:

I. Verpackung und Gewicht. In der Regel soll Portlandzement in Normalfässern von 180 kg brutto und etwa 170 kg netto und in halben Normalfässern von 90 kg brutto und etwa 83 kg netto verpackt werden. Das Bruttogewicht soll auf den Fässern verzeichnet sein.

Wird der Zement in Fässern von anderem Gewicht oder in Säcken verlangt, so muss das Bruttogewicht auf diesen Verpackungen ebenfalls durch deutliche Aufschrift kenntlich gemacht werden.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 v. H. nicht beanstandet werden.

Die Fässer und Säcke sollen ausser der Gewichtsangabe auch die Firma oder die Fabrikmarke der betreffenden Fabrik mit deutlicher Schrift tragen.

II. Bindezeit. Je nach Art der Verwendung kann Portlandzement langsam oder rasch bindend verlangt werden.

Als langsam bindend sind solche Zemente zu bezeichnen, welche erst in zwei Stunden oder in längerer Zeit abbinden.

III. Volumbeständigkeit. Portlandzement soll volumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, dass ein auf einer Glasplatte hergestellter und vor Austrocknung geschützter Kuchen aus reinem Zement, nach 24 Stunden unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

IV. Feinheit der Mahlung. Portlandzement soll so fein gemahlen sein, dass eine Probe desselben auf einem Sieb von 900 Maschen pro Quadratcentimeter höchstens 10 v. H. Rückstand hinterlässt. Die Drahtstärke des Siebes soll die Hälfte der Maschenweite betragen.

V. Festigkeitsproben. Die Bindekraft von Portlandzement soll durch Prüfung einer Mischung von Zement und Sand (1:3) ermittelt werden. Die Prüfung soll auf Zug- und Druckfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen, und zwar mittelst Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Apparaten.<sup>2)</sup> Daneben empfiehlt es sich, auch die Festigkeit des reinen Zements festzustellen.

Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 50 qcm Fläche vorzunehmen.

VI. Zug- und Druckfestigkeit. Langsam bindender Portlandzement soll bei der Probe mit drei Gewichtsteilen Normalsand auf ein Gewichtsteil Zement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimal-Zugfestigkeit von 16 kg pro Quadratcentimeter haben. Die Druckfestigkeit soll mindestens 160 kg pro Quadratcentimeter betragen.

<sup>1)</sup> Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W. 66. Preis 30 Pfg.

<sup>2)</sup> Die Apparate können durch das chemische Laboratorium für Tonindustrie, Berlin NW. 21, Dreysestr. 4, bezogen werden.

Bei schnell bindenden Portlandzementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere, als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit aufgeführt werden.

Die Proben am Zementkuchen auf Abbindezeit, Treiben usw. lassen sich bei einiger Sorgfalt leicht ausführen. Grössere Uebung und Geschicklichkeit verlangen die Festigkeitsproben. Hier kann man leicht bei Ausserachtlassung der in den Erläuterungen zu den Normen gegebenen Vorschriften zu falschen Ergebnissen kommen. Das preussische Ministerium der öffentlichen Arbeiten hat daher für alle ihm unterstellten Baubehörden unter dem 16. August 1880 verfügt:

„Auf Antrag des Vereins Deutscher Zement-Fabrikanten wird in streitigen Fällen zwischen den Baubehörden und den Fabrikanten über die Qualität von Portlandzement die Königl. Prüfungsstation für Baumaterialien in Berlin-Charlottenburg (jetzt: Königl. mechanisch technische Versuchsanstalt in Berlin-Gr.-Lichterfelde-West) als technisch entscheidende Instanz anerkannt.“

In den Zementlieferungsverträgen der Baubehörden wird daher stets eine Vereinbarung aufgenommen, welche besagt, dass bei eintretenden Streitigkeiten über die Beschaffenheit des gelieferten Zements das Urteil der Königl. Versuchsanstalt in Berlin-Gr.-Lichterfelde unter unverzüglicher Uebersendung einer geeigneten Probe des beanstandeten Zements angerufen, und dasselbe sodann als endgültig in technischer Beziehung für beide vertragsschliessenden Parteien anerkannt werden soll.

### Andere Zemente.

Im folgenden mögen noch die anderen Zementsorten kurz Erwähnung finden. Sie sind meist nicht von der gleichbleibenden Güte des Portlandzements und finden namentlich auch für Eisenbetonbauten weniger Verwendung. Von grösserer Bedeutung wird in neuerer Zeit nur der Eisenportlandzement, den wir daher weiter unten noch etwas eingehender besprechen wollen. Meist sind die hierher gehörenden Mörtelstoffe gemischte Zemente.

**Gemischte Zemente.** Es sind dies Mörtelbildner, denen nach dem Brennen noch andere Stoffe zugesetzt werden, um die Bindefähigkeit hervorzurufen oder zu erhöhen. Zusatzstoffe sind Schlackenmehl, Aetzkalk u. a.

**Puzzolanzement.** Man stellt Puzzolanzement her, indem man trocken zu Pulver gelöschte Kalke oder hydraulische Kalke mit fein gemahlene hydraulischen Zuschläge innig mischt. Diese Zuschläge sind entweder natürliche oder künstliche. Zu den natürlichen Puzzolanen gehören die Puzzolane, die Santorinerde und der Trass, lockere oder leicht zerreibliche, vulkanische Tuffgesteine, auf welche jedenfalls beim Ausbruch der Vulkane Regengüsse oder sonstige Wassermassen eingewirkt haben, wodurch ihre Kieselsäureverbindungen aufgeschlossen, d. h. durch Säuren zerlegbar gemacht wurden. Künstliche Puzzolane nennt man ähnlich zusammengesetzte, künstliche Silikate, die ganz oder teilweise durch Säuren aufschliessbar sind, wie Hochofenschlacke, Ziegelmehl, Steinkohlensche usw. Namentlich findet die Hochofenschlacke viel Verwendung, die zu diesem Zwecke durch Wasser oder Luft schnell abgekühlt und abgeschreckt und dadurch granuliert, d. h. in einen sandartigen Körper verwandelt wird. Meist wird der granuliert Schlackensand dann noch gemahlen.

**Schlackenzemente.** Die Herstellung der Schlackenzemente geschieht nach verschiedenen Verfahren. Meist wird granulierter Schlackensand mit trocken gelöschtem Kalk gemischt und gemahlen. Schlackenzemente sind mit Vorsicht zu verwenden, da ihnen oft Fehler anhaften. Die meiste Anwendung haben sie bei Wasserbauten gefunden. An der Luft verwandt werden sie oft rissig; auch Treiben ist bei ihnen mehrfach beobachtet. Die grösste Schwierigkeit bei der Schlackenzementfabrikation liegt vielleicht mit darin, dass die Schlacken in ihrer Zusammensetzung sehr verschieden ausfallen, je nach der Gangart der zur Verwendung kommenden Eisenerze und den sich nach letzteren richtenden Zuschlägen, da bei der Roheisendarstellung im Hochofen selbstverständlich das Augenmerk nur auf die Gewinnung eines möglichst guten Roheisens gerichtet sein muss und die Beschaffenheit der dabei sich ergebenden Schlacke gleichgültig ist. Hochofenschlacke besitzt in der Regel einen höheren Kieselsäure- und einen geringeren Kalkgehalt als Portlandzement. Es enthalten durchschnittlich Hochofenschlacken 30—50% Kieselsäure und 25—50% Kalk, Portlandzement dagegen 20—26% Kieselsäure und 58—67% Kalk. Ausserdem besitzen Hochofenschlacken oft grössere Mengen von Schwefelverbindungen, durch welche sie schädlich wirken können.

**Hansazement.** Dieser Zement wird ebenfalls aus Hochofenschlacke hergestellt, welche nach einem von Dr. Passow erfundenen Verfahren durch Luft abgekühlt wird. Der so erhaltene Schlackensand wird erhitzt, fein gemahlen und dann mit etwa 10 v. H. gepulvertem Aetzkalk gemischt.

**Erzzement (Eisenzement).** Hier ist nach dem D. R. P. No. 143 604 die Tonerde des gewöhnlichen Portlandzements durch Metalloxyde ersetzt. Die Herstellung durch die Portlandzementfabrik Hemmor in Hemmor a. d. Oste entspricht im übrigen der des Portlandzements. Der Erzzement soll hauptsächlich als schützender Ueberzug für Betonbauten am Meere dienen.

**Eisenportlandzement.** Mit dem Portlandzement tritt in neuerer Zeit der Eisenportlandzement am erfolgreichsten in Wettbewerb. Lange Zeit und auch jetzt noch besteht ein Kampf zwischen den Portlandzementfabrikanten und den Herstellern von Eisenportlandzement. Letztere haben sich ebenfalls zu einem Verein zusammengetan, der im Jahre 1902 den Namen „Verein deutscher Eisen-Portlandzementwerke e. V.“ erhielt. Während von den Portlandzementfabrikanten der Eisenportlandzement als ein normenmässiger Portlandzement nicht anerkannt wird, da ihm nach dem Brennen Stoffe, nämlich die granulierten, gemahlene Hochofenschlacke zugefügt wird, erklären die Eisenportlandzementwerke ihr Fabrikat für einen richtigen Portlandzement. Sie erklären in ihrem „Taschenbuch über die Erzeugung und Verwendung des Eisenportlandzements, 2. Auflage, 1904“ ihr Fabrikat als ein solches, das allen Bedingungen der Normen entspricht. Ferner sind sie bereit, jede Verschärfung der Bestimmungen, die der Verein deutscher Portlandzementfabrikanten für sein Erzeugnis vorschlägt, auch für ihren Eisenportlandzement bereitwillig anzunehmen. Sie halten die in den Normen gegebene Begriffserklärung für Portlandzement nicht für zutreffend. Nach ihrer Meinung ist der Portlandzement: ein in seinen Hauptbestandteilen aus Kalk und Ton hergestelltes, durch Brennen von aller Kohlensäure befreites, pulverfein gemahlenes, unter Wasserzusatz vollständig erhärtendes, hydraulisches Bindemittel, während z. B. Romazement nicht bis zur völligen Austreibung der

Kohlensäure gebrannt ist und Puzzolanzemente aus gebrannten oder ungebrannten Stoffen unter Zusatz von mehr oder minder grossen Mengen Kalkhydrat bestehen. Sie weisen auf die Erklärungen von anerkannten Forschern auf dem Gebiete des Portlandzements hin. So hielt schon immer Michaelis den Zusatz von richtig behandelter Hochofenschlacke für eine Qualitätsverbesserung des Portlandzements. Tetmajer erklärte, dass man den normalen Portlandzement durch reine und insbesondere durch granulierten, d. h. zur Zertrümmerung ins Wasser geleitete Hochofenschlacke wesentlich verbessern könne, während Dr. Passow fand, dass die wassergranulierten, basischen Hochofenschlacken infolge ihres Ursprungs „Portlandzement“ seien.

Von Tetmajer wurden die Zemente mehrerer Werke, namentlich auch der Zement von Vorwohle, untersucht, wobei die Ergebnisse sehr günstig waren. Das Vorwohler Werk, das jetzt gewöhnlichen Portlandzement herstellt, um dem Verein deutscher Portlandzementfabrikanten angehören zu können, bereitete damals einen vorzüglichen Zement aus Portlandzement und Hochofenschlacke, welcher besonders beim Bau der Berliner Stadtbahn weitgehende Verwendung fand. Beständige Untersuchungen erwiesen die Güte, so dass auch Professor Dietrich 1885 in dem Wochenblatt für Baukunde den hohen Wert der granulierten Hochofenschlacke für die Portlandzement-Industrie hervorhob. Seit jener Zeit ist das Studium der Hochofenschlacke immer mehr ausgedehnt und vertieft worden. Man kann heute in der Tat die Hochofenschlacke in granuliertem Zustande kaum für einen dem Portlandzement fremden Körper halten, da ihre wesentlichen Bestandteile, Kalk und Ton, durch hohe Erhitzung kohlenstofffrei und hydraulisch geworden sind. Die Hochofenschlacke besitzt eine sich zwar sehr langsam, aber doch sicher vollziehende Selbsterhärtungsfähigkeit. Um die Erhärtung zu beschleunigen, wird ihr kalkreicher, gewöhnlicher Portlandzement zugemischt.

Das Verfahren bei der Herstellung von Eisenportlandzement besteht darin, dass 70 % eines kalkreichen gewöhnlichen Portlandzements mit 30 % kalkarmer, wassergranulierter, hochbasischer Hochofenschlacke innig gemischt werden. Der erste Bestandteil wird wie gewöhnlicher Portlandzement hergestellt, indem äusserst fein gemahlene Hochofenschlacke und Kalksteinmehl innig gemischt, bis zur Sinterung gebrannt und bis zur Mehlfeinheit gemahlen werden. Die Zumischung weiterer Hochofenschlacke hat den Zweck, den Kalküberschuss des kalkreichen Portlandzements in wirksamer Weise auszugleichen. Die hinzuzufügende Hochofenschlacke wird im Hochofen geschmolzen, dann granuliert, gegläht oder getrocknet und fein gemahlen, ehe sie dem ersten Teile innig beigemischt wird.

Die Portlandzementklinker können auch mit dem getrockneten, granulierten Schlackensand gemeinschaftlich vermahlen werden.

Wie der Verein deutscher Portlandzementfabrikanten ein eigenes Vereinslaboratorium in Karlshorst bei Berlin besitzt, hat auch der Verein deutscher Eisenportlandzementwerke ein solches und zwar in der chemisch-technischen Versuchsanstalt von Dr. Passow in Blankenese a. d. Elbe. Durch letzteres werden allmonatlich von jedem dem Verein angehörenden Werke Zementproben aus dem Handel entnommen und geprüft. Auf diese Weise ist der Verein imstande, über die Erzeugnisse seiner Mitglieder eine genaue Kontrolle auszuüben.

Wir lassen die Untersuchungsergebnisse hier in Durchschnittszahlen für das Jahr 1902 folgen. Für das Jahr 1903 sind die betreffenden Durchschnittsergebnisse in Klammern beigefügt. Sämtliche Proben erwiesen sich sowohl bei 28-tägiger Lagerung eines Zementkuchens unter Wasser, wie auch bei der Kochprobe und Darrprobe als raumbeständig. Auf dem 900-Maschensiebe ergab sich ein Rückstand von 0,91 % (0,77 %), auf dem 5000-Maschensiebe ein solcher von 9,23 % (14,80 %). Als Festigkeiten ergaben sich bei Mischung 1:3 nach 28 Tagen bei Wasserlagerung 22,53 kg/qcm (21,8 kg/qcm) für Zug und 224,69 kg/qcm (253,5 kg/qcm) für Druck; bei Luftlagerung 27,56 kg/qcm (26,8 kg/qcm) für Zug und 234,43 kg/qcm (272,1 kg/qcm) für Druck.

Die chemische Zusammensetzung des Eisenportlandzements wird in dem schon oben erwähnten „Taschenhandbuch“ des Vereins deutscher Eisenportlandzementwerke wie folgt angegeben. Beigefügt sind zum Vergleich die chemischen Zusammensetzungen des Portlandzements und der Hochofenschlacke.

Bestandteile	Portlandzement	Hochofenschlacke	Eisenportlandzement
Kalk . . . . .	58—65,5 %	44—52 %	54—60 %
Kieselsäure . . . . .	20—26,5 „	27—35 „	20—25 „
Tonerde u. Eisenoxyd	6—14 „	8—20 „	9—15 „
Magnesia . . . . .	1—3 „	0,6—5 „	0,6—5 „
Alkalien . . . . .	0,2—2,5 „	—	—
Schwefelsäure . . . . .	0,2—2,5 „	1,2—3 „	0,8—2,7 „

Der Verein deutscher Eisenportlandzementwerke erklärt ferner sein Erzeugnis als Portlandzement von vorzüglicher Beschaffenheit, der sich für alle Zwecke des Bauwesens, für welche Portlandzement Verwendung findet, in derselben Weise wie letzterer eignet. Hervorgehoben wird noch besonders, dass Eisenportlandzement vermöge der Mischung eines kalkreichen mit einem kalkarmen Stoffe weder an einem Kalkmangel, noch an einem Kalküberschuss leidet.

Die Zumischung der Hochofenschlacke soll niemals auf der Baustelle, sondern stets auf dem Zementwerke geschehen und zwar aus folgenden, von Dr. Michaelis schon im Jahre 1884 angegebenen Gründen:

1. Kann niemals der Konsument eine auch nur annähernd so zweckentsprechende Wahl der Zumischmittel treffen, um welche es sich hier handelt, welche chemisch in erster Linie und nicht bloss physikalisch wirken sollen.
2. Kann er dieselben höchstwahrscheinlich niemals so innig dem Zement inkorporieren\*), wie es geschieht, wenn die Zumischmittel den ganzen Zerkleinerungsprozess des Zementklinkers in der Fabrik mit durchmachen.
3. Wird er dieselben niemals so billig beschaffen können im verarbeiteten Zustande, d. h. innigst mit dem Zement gemischt, wie der Fabrikant dieselben zu liefern imstande ist“.

Die für gewisse Zwecke erwünschten Färbungen können bei Eisenportlandzement durch dieselben anorganischen Farbzusätze erreicht werden, die bereits

\*) inkorporieren = einverleiben.

weiter oben beim Portlandzement erwähnt wurden. Wie dort, wird auch hier durch diese Farbzusätze, ausser durch Ultramarin, die Festigkeit etwas herabgemindert.

Niemals soll guter Eisenportlandzement treiben. Derselbe kann als Raschbinder, Normalbinder oder Langsambinder erhalten werden. Das Abbinden beginnt, wenn man bei einem leichten Druck mit dem Fingernagel auf einen Zementkuchen einen leichten Widerstand verspürt, während dasselbe beendet ist, wenn man mit dem Fingernagel auf der Oberfläche des Kuchens keinen Eindruck mehr hervorbringt. Raschbinder nennt man solche, die in 10 bis 15 Minuten nach dem Anmachen des Kuchens die Nagelprobe aushalten, ohne einen Eindruck zu bekommen.

Beim Normalbinder tritt dieser Zeitpunkt in 2 bis 4 Stunden ein, während der Langsambinder 6 bis 8 Stunden und darüber bedarf. Auch beim Eisenportlandzement beginnt nach dem Abbinden das Erhärten, welches, so weit die Beobachtungen reichen, von Jahr zu Jahr zunimmt. Während des Abbindens und der ersten Zeit des Erhärtens ist Ruhe erforderlich und Schutz gegen Austrocknung durch Zugluft und unmittelbare Sonnenbestrahlung. Für Eisenportlandzement werden die erhöhten Festigkeitszahlen von 18 kg/qcm für Zug und 180 kg/qcm für Druck gewährleistet.

Die Farbe von Eisenportlandzement ist in der Regel blaugrau, bei manchen Werken dunkler, zuweilen fast weiss. Beim Lagern unter Wasser färbt sich der abgebundene Eisenportlandzement dunkelgrün, wahrscheinlich infolge von Entstehung geringer Mengen von Eisensulfid. Diese Färbung soll sich an der Luft verlieren und die gute Beschaffenheit in keiner Weise beeinträchtigen.

Auch beim Eisenportlandzement erhöht die Feinheit der Mahlung die Festigkeit und erlaubt einen grösseren Sandzusatz. Einmal erhärteter Eisenportlandzement ist wasserdicht, wetterfest und unempfindlich gegen Frost und Hitze. Nur während des Abbindens und der ersten Zeit der Erhärtung ist er gegen derartige Einflüsse empfindlich. Raumbeständig ist er schon in frischem Zustande, während Portlandzement mitunter erst durch Lagern raumbeständig wird. Doch wie letzterer verträgt auch Eisenportlandzement ein längeres Lagern, wenn es nur in einem trockenen Raume geschieht.

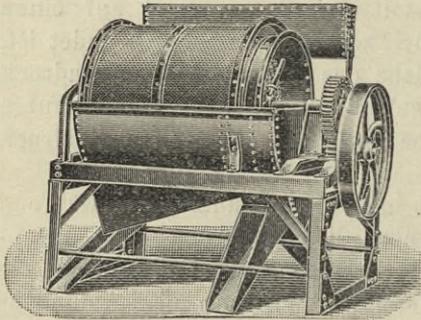
### Zementmörtel.

Reiner Portlandzementmörtel. Ohne Sandzusatz wird Portlandzement als Mörtel nur ausnahmsweise angewandt, z. B. zum Dichten von Quellen bei Gründungen oder zur Beseitigung von grossem Wasserandrang. Reiner Portlandzement darf überhaupt nur verwandt werden bei Arbeiten, die sich dauernd unter Wasser, in feuchtem Erdreich oder wenigstens in geschlossenen Räumen befinden. In allen anderen Fällen muss dem Portlandzement bei der Mörtelbereitung Sand zugemischt werden, wenn man Schwindrisse vermeiden und Wetterbeständigkeit erreichen will.

Sand. Nach den vom deutschen Betonverein aufgestellten „Leitsätzen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton“ versteht man unter Sand alles feine Gestein (Gruben-, Fluss-, See-, Brech- oder Quetschsand) von fein bis zu 7 mm Korngrösse. Die Beschaffenheit des Sandes ist sowohl für die Mörtelbereitung als auch für die Herstellung von Beton von

grösster Bedeutung. Reiner Quarzsand ist vorzüglich geeignet, doch eignet sich als Grundstoff für Sand (und ebenso für Kies und Steinschlag beim Beton) jedes andere harte, wetterbeständige Gestein. Sand mit porigen Bestandteilen, z. B.

Fig. 3.



Wash- und Sortier-Maschine für Kies und Sand, für Hand- und maschinellen Betrieb, von Gauhe, Gockel & Co., Oberlahnstein. Leistung je nach Verunreinigung für Handbetrieb bis 2,5 cbm, für Maschinenbetrieb 6—10 cbm pro Stunde. 2—3 Pferdestärken. Wasserzufluss 250 l in der Minute. Stationär oder fahrbar.

von Tuff, oder mit blätterigen oder schuppigen Teilen, z. B. von Glimmer, gibt einen weniger guten Mörtel. Der zu Mörtel verwandte Sand soll möglichst rein sein. Er darf keine tonigen oder lehmigen Bestandteile enthalten, die fest an den Körnern haften. Die Festigkeit des Mörtels kann durch dieselben sehr beeinträchtigt werden. Der Sand ist dann, wenn kein anderer zur Verfügung steht, zu waschen, wozu man bei grösseren Bauten Sandwaschmaschinen benutzt (Fig. 3 und 4). Lehm- und Tonteilchen dagegen, die nicht fest an den Sandkörnern haften, wirken auf die Festigkeit des Mörtels in der Regel nicht nachteilig, ja bisweilen erhöhen sie dieselbe sogar. Der Sand soll ferner keine organischen Stoffe enthalten (Humus, Torf, Kohlenteilchen und dergl.), ferner keine Salze (Schwefelkies, Gips usw.).

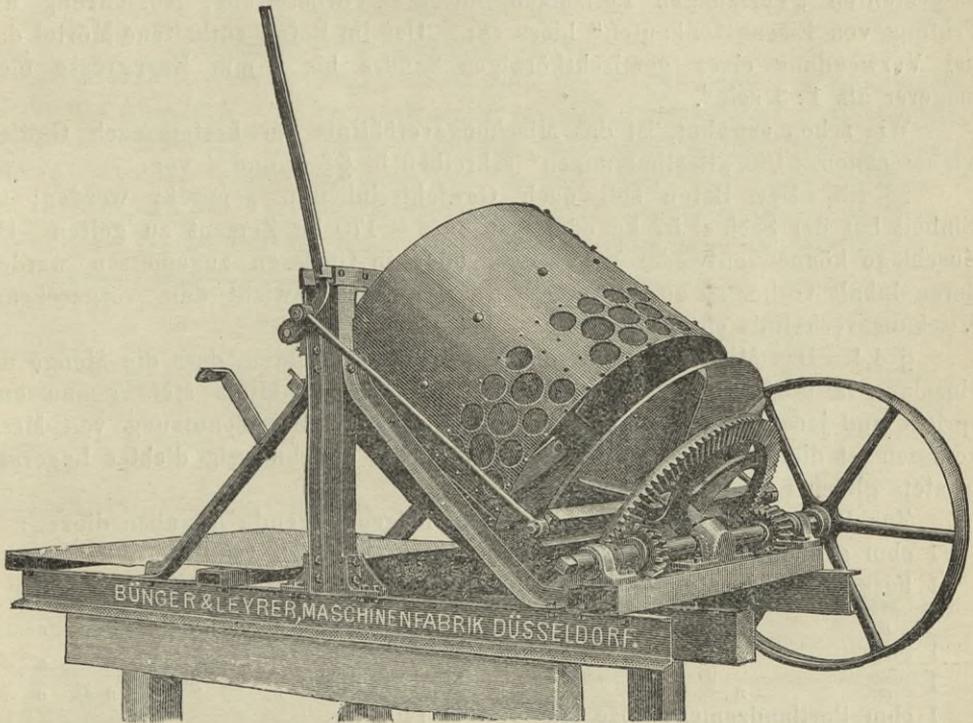
Was die Korngrösse anbelangt, so gibt grober Sand in der Regel Mörtel von grösserer Festigkeit als feiner. Sehr feiner Sand braucht viel Wasser, und der daraus hergestellte Mörtel erhärtet langsam und wird nach Verdunsten des überschüssigen Wassers porös und weniger fest. Am besten ist gemischtkörniger Sand. Derselbe besitzt die wenigsten Hohlräume, liefert den dichtesten Mörtel und erfordert zur Erzielung einer bestimmten Festigkeit den wenigsten Zement. Unter Umständen empfiehlt sich daher eine Mischung von grobem und feinem Sande. Von verschiedenen Sandarten gleicher Herkunft verdient der mit dem höchsten Litergewicht den Vorzug. Ferner ist scharfer Sand mit rauher Oberfläche besser als solcher mit runden Körnern und glatter Oberfläche.

Mischungsverhältnisse. Das Mischungsverhältnis von Zement und Sand richtet sich nach dem Zweck der Arbeit, nach der verlangten Festigkeit, nach der Zeit, innerhalb welcher diese vorhanden sein soll, nach der erforderlichen Dichte, nach der Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzen usw. Bei Eisenbetonbauten kommt noch hinzu die Sicherheit, mit der das Eisen durch die Zementmörtelumhüllung gegen Rost geschützt werden muss, und die innige Haftung des Eisens im Beton.

Obwohl das Mischen nach Gewichtsteilen am besten ist, wird doch das Mischen nach Raumteilen in der Regel angewandt, weil es einfacher ist und schneller gemessen als gewogen werden kann. Zweckmässig wird man für jeden Fall das Mischungsverhältnis nach Gewichtsteilen feststellen und letztere dann in Raumteile umrechnen. Sofern die Messung des Zements nach Raumteilen erfolgt, gilt als Regel, dass der Zement ohne Fall in das Massgefäss eingeschüttet (nicht eingerüttelt) wird. Ferner sollen die Messgefässe möglichst hoch und

schmal sein, weil bei diesen sich die Unterschiede zwischen Raum- und Gewichtsverhältnis am meisten ausgleichen. Das Mischungsverhältnis zwischen Zement und Sand soll bei dichtem und festem Mörtel so beschaffen sein, dass nicht nur die Hohlräume zwischen den einzelnen Sandkörnern ausgefüllt sind, sondern zur festen Verkittung auch jedes Sandkorn mit einem dünnen Zementhäutchen umgeben ist. Eine solche dünne Zementschicht muss bei Eisenbetonarbeiten auch die Eiseneinlage überall innig umschliessen, wenn das Eisen vor Rosten geschützt sein soll. Nie dürfen sich neben der Eiseneinlage Hohlräume befinden.

Fig. 4.



Kies- und Sand-Waschmaschine für Hand- und Maschinenbetrieb von Bün­ger und Leyrer, Düsseldorf-Derendorf. Trommeldurchmesser 75 cm. Füllung 70—100 l. Leistung pro Stunde 2—4 cbm Sand oder 3—5 cbm Kies. Wasserverbrauch etwa 50 l in der Minute. Stationär oder fahrbar.

Reiner Zement bildet schon bei gewöhnlichen Eisenkonstruktionen einen guten Schutzanstrich gegen Rostbildung. Derselbe wird zu diesem Zwecke mit wenig Wasser angerührt und wiederholt auf das Eisen aufgetragen, bis sich eine etwa 5 mm dicke Schicht auf demselben abgesetzt hat.

Mörtelmischungen im Raumverhältnis von 1 Teil Zement und 1—2 Teilen Sand verwendet man nur, wenn eine sehr hohe Festigkeit erzielt werden soll, oder wenn man nach kurzer Zeit eine bedeutende Festigkeit verlangt. Ferner wendet man solche Mischungen an, um eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung zu erhalten, z. B. als Estrich, sodann als Verputz von Flüssigkeitsbehältern zur Erzielung einer grösseren Dichte, zum Vergiessen von Fugen, zum Befestigen von Ankerbolzen, eisernen Geländern usw.

Für alle anderen Arbeiten wendet man in der Regel Mischungen von ein Raumteil Zement und drei bis vier Raumteilen Sand an, z. B. für gewöhnliche Verputzarbeiten, für Mauerwerk, Kunststeine, Betonierungen usw.

Für Eisenbetonarbeiten besteht der zum Beton verwandte Mörtel in der Regel mindestens aus einer Mischung von 1:3. Die „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten“ enthalten über das Mischungsverhältnis keine Angaben, da die notwendige Festigkeit der Behörde gegebenenfalls durch Festigkeitsproben nachzuweisen ist. In den vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine und dem Deutschen Beton-Verein aufgestellten „Vorläufigen Leitsätzen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Eisenbetonbauten“ hiess es: „Der im Beton enthaltene Mörtel darf bei Verwendung eines gemischtkörnigen Sandes bis 7 mm Korngrösse nicht magerer als 1:3 sein“.

Wie schon erwähnt, ist das Mischungsverhältnis am besten nach Gewicht zu berechnen. Die „Bestimmungen“ schreiben in §§ 1 und 4 vor:

„§ 1,3. Der Beton soll nach Gewichtseinheiten gemischt werden; als Einheit hat der Sack = 57 kg oder das Fass = 170 kg Zement zu gelten. Die Zuschläge können entweder zugewogen oder in Gefässen zugemessen werden, deren Inhalt vorher so zu bestimmen ist, dass sein Gewicht dem vorgesehenen Mischungsverhältnis entspricht.“

§ 4,4. Das Mischen des Betons muss derart erfolgen, dass die Menge der einzelnen Bestandteile dem vorgesehenen Mischungsverhältnis stets genau entspricht und jederzeit leicht gemessen werden kann. Bei Benutzung von Messgefässen ist die Füllung zur Erzielung möglichst gleichmässig dichter Lagerung in stets gleicher Weise zu bewirken.“

Zur Berechnung der Gewichtsmengen mögen folgende Angaben dienen:

1 cbm grubenfeuchter Bausand wiegt durchschnittlich 1400 kg.

1 Fass Portlandzement = 180 kg brutto = 170 kg netto = 120 l lose Masse

$\frac{1}{2}$  „ „ = 90 kg „ = 83 kg „ = 60 l „ „

1 Sack „ = „ = 70 kg „ = 50 l „ „

1 „ „ = „ = 50 kg „ = 36 l „ „

1 cbm Portlandzement (lose Masse) = r. 1400 kg.

C. Schumann fand, dass der Rauminhalt des breiförmigen Mörtels gleich ist der Summe der wirklichen Rauminhalte der Mörtelbestandteile, wobei unter Rauminhalt zu verstehen ist:

$\frac{\text{absolutes Gewicht}}{\text{spezifisches Gewicht}}$ . Danach ergeben z. B.:

Mörtel: 1 Zement + 1 Sand (Gewichtsteile).

Zement: 1 cbm = 1400 kg; spez. Gewicht = 3,13

Sand: 1 cbm = 1400 kg; spez. Gewicht = 2,64

Wasser (für 2800 kg trockenen Mörtel) = 530 l.

Rauminhalt: für Zement:  $\frac{1400}{3,13} = 447$  l

für Sand:  $\frac{1400}{2,64} = 530$  l

für Wasser:  $\frac{530}{1} = 530$  l

Zusammen 1507 l

Durch den Versuch wurden gefunden 1510 l.

Mörtel: 1 Zement + 3 Sand (Gewichtsteile). Absolute und spez. Gewichte wie vorher. Angewandte Wassermenge 952 l.

Rauminhalt: für Zement:  $\frac{1400}{3,13} = 447 \text{ l}$

für Sand:  $\frac{4200}{2,64} = 1591 \text{ l}$

für Wasser:  $\frac{952}{1} = 952 \text{ l}$

Zusammen: 2990 l.

Durch den Versuch wurden gefunden: 3010 l.

Für alle Fälle gültige Zahlen lassen sich für die Mengen der Mörtelstoffe und für die Ausbeute, d. h. die erhaltene Mörtelmenge nicht angeben, da dieselben von der Beschaffenheit des Sandes, seinem Feuchtigkeitsgehalt usw. abhängig sind. Als Anhalt mögen die Angaben der folgenden Tabelle dienen, die wir dem im Auftrage des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten verfassten Werke: „Der Portlandzement und seine Anwendungen im Bauwesen“<sup>1)</sup> entnehmen:

Mischung in hl				1 cbm Mörtel erfordert	
Zement	Sand	Wasser	Ausbeute	Zement kg	Sand l
1	1	0,53	1,50	933	667
1	2	0,71	2,22	622	888
1	3	0,95	3,00	467	1000
1	4	1,22	3,80	368	1053

H. Dieck bestimmt in seinem Werkchen: „Mörtel, Materialbedarfs und Preistabellen“<sup>2)</sup> für obige Mischungen die erforderlichen Baustoffmengen wie folgt:

Mischungs- verhältnis nach Raumteilen Zement : Sand	1 cbm Mörtel erfordert:					Dichtigkeit des Mörtels
	Sand cbm	Zement			Wasser cbm	
		cbm	kg	Tonnen		
1 : 1	0,680	0,680	966	5,68	0,25	dicht
1 : 2	0,980	0,490	696	4,00	0,24	dicht
1 : 3	1,038	0,344	488	2,87	0,23	undicht
1 : 4	1,050	0,262	372	2,18	0,22	undicht
1 : 5	1,060	0,210	300	1,80	0,22	undicht

Diplom-Ingenieur Unna kommt in seiner Abhandlung: „Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen“<sup>3)</sup> zu folgenden Ergebnissen: Er nimmt den Wasserzusatz für Zementmörtel zu etwa 22 % der Zement- und Sandmenge in Raum-

<sup>1)</sup> Berlin 1905. Kommissions-Verlag der „Deutschen Bauzeitung“.

<sup>2)</sup> Halle a. S. Ludw. Hofstetter, Verlag. 1903.

<sup>3)</sup> Köln. Verlag von Paul Neubner. 3. Auflage.

teilen und zu etwa 10% in Gewichtsteilen an. Bei einem Raumgewicht von lose eingelaufenem Zement sowohl wie von trockenem Rheinsand von 1,40 und bei durchschnittlich 40% Hohlräumen des gemischtkörnigen Sandes ermittelte er eine Ausbeute des Zements im Mörtel durch Versuche von 0,48. Ist  $r$  das Raumgewicht und  $s$  das spez. Gewicht (für Sand = 2,65), so ist der Dichtigkeitsgrad:  $d = \frac{r}{s}$  und der Undichtigkeitsgrad:  $u = 1 - d$ . Ein Mörtel ist dicht, wenn seine Dichtigkeit =  $\frac{\text{Kittmasse}}{\text{Hohlräume}} = 1$  oder = einem unechten Bruch wird. Ergibt dieser Ausdruck dagegen einen echten Bruch, so ist der betreffende Mörtel undicht.

Raumteile	Ausbeute	Kittmasse	Hohlräume	Dichtigkeit
1 Zement	0,48	0,48	—	$\frac{1,01}{0,80} = 1,26$
2 Sand	1,20	—	0,80	
0,53 Wasser	0,53	0,53	—	
	2,21	1,01	0,80	
1 Zement	0,48	0,48	—	$\frac{1,10}{1,00} = 1,10$
2,5 Sand	1,50	—	1,00	
0,62 Wasser	0,62	0,62	—	
	2,60	1,10	1,00	
1 Zement	0,48	0,48	—	$\frac{1,12}{1,20} = 0,93$
3 Sand	1,80	—	1,20	
0,64 Wasser	0,64	0,64	—	
	2,92	1,12	1,20	
1 Zement	0,48	0,48	—	$\frac{1,28}{1,60} = 0,80$
4 Sand	2,40	—	1,60	
0,80 Wasser	0,80	0,80	—	
	3,68	1,28	1,60	
1 Zement	0,48	0,48	—	$\frac{1,48}{2,00} = 0,74$
5 Sand	3,00	—	2,00	
1,00 Wasser	1,00	1,00	—	
	4,48	1,48	2,00	

Danach ist Zementmörtel 1:2,5 noch dicht, 1:3 schon undicht. Wird von einem Mörtel Dichtigkeit verlangt, so müssen die Hohlräume zwischen den Sandkörnern vollständig durch die Kittmasse des Mörtelbildners ausgefüllt sein. Beton, der dicht sein soll, kann natürlich nur mit dichtem Mörtel hergestellt werden.

Wasser. Das zur Mörtelbereitung verwandte Wasser soll rein und frei von Schlamm, organischen Stoffen und aufgelösten Salzen, namentlich auch frei von Gips und Magnesiumsalzen sein. Weiches Wasser ist besser als hartes. Daher ist Regenwasser im allgemeinen gut zu verwenden. Vorsicht ist jedoch geboten bei Verwendung desselben in Gegenden mit vielen Fabriken, da dasselbe hier viel aus dem Schwefelgehalt der Steinkohle herstammende schädliche schweflige Säure enthalten kann. Meerwasser und Brackwasser sind wegen ihres Gehaltes an Salzen ebenso zu vermeiden wie Sumpfwasser und solches aus Torfbrüchen wegen des Gehalts an Humussäure. Das Wasser soll eine mittlere Temperatur besitzen. Warmes Wasser beschleunigt, kaltes verzögert das Abbinden, weshalb man, wie wir schon erwähnten, bei gelindem Frost sowohl das Wasser wie die Baustoffe anwärmt. Ueber die Wassermenge sind schon früher einige Angaben gemacht. Die Normen schreiben z. B. zur Bereitung der Mörtelproben für Festigkeitsversuche für eine Mischung von 1 Zement + 3 Sand in Gewichtsteilen  $10\%$  Wasser vor. Die Festigkeit und Dichte von Mörtel sowohl wie von Beton wird am grössten, wenn man den Wasserzusatz möglichst auf das notwendige Mass beschränkt. Den höchsten Wasserzusatz erhält sogen. Gusszement oder Giessmörtel aus reinem Zement oder 1 Teil Zement auf  $\frac{1}{2}$  bis 1 Teil Sand, um denselben so dünnflüssig zu machen, dass er noch mit Sicherheit nach allen Stellen der zu vergiessenden Hohlräume gelangt. Doch sind auch hier 45 bis 50% Wasser als das Höchstmass zu betrachten. Im übrigen richtet sich die Menge des Wasserzusatzes nach dem Zweck der Arbeit, nach der Bindezeit des Zements, nach der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, so dass man bei hoher Temperatur und trockener Luft den Wasserzusatz etwas zu erhöhen, bei kälterer, feuchter Luft und bei Arbeiten im Feuchten denselben etwas einzuschränken hat. Poröse Steine erfordern ebenfalls einen grösseren Wasserzusatz. Alle durch Mörtel zu verbindenden Steine sollen vorher gehörig mit Wasser getränkt sein, also auch der beim Beton zu verwendende Kies oder Steinschlag. Bei der Herstellung von Beton unterscheidet man nach den „Leitsätzen“ erdfeuchte und weiche Betonmasse. Bei Herstellung von erdfeuchter Betonmasse muss der Wasserzusatz so bemessen werden, dass sich die Masse mit der Hand gerade noch ballen lässt, dabei auf der Haut Feuchtigkeit hinterlässt. Nach längerem Stampfen soll sich auf der Oberfläche etwas Feuchtigkeit zeigen. Bei Herstellung von weicher Betonmasse muss der Wasserzusatz so weit gesteigert werden, dass die Masse zwar noch stampffähig ist, während des Stampfens aber weich wird. Mörtel oder Beton aus feinem Kies und grösserem Wasserzusatz wird oft bei Eisenbetonarbeiten angewandt, wenn sehr engmaschige oder angeinanderliegende Eiseneinlagen vorhanden sind, damit letztere leichter innig mit Zement ummüllt werden.

Mörtelbereitung. Die Zubereitung des Zementmörtels geschieht durch Hand- oder Maschinenmischung. Bei Handmischung wird die abgemessene Sandmenge auf einer festen, ebenen Pritsche ausgebreitet und die abgemessene Zementmenge gleichmässig darübergebreitet. Das Ganze wird dann trocken so lange durchgearbeitet, bis sich ein durchaus gleichmässiges und gleichfarbiges Gemenge ergibt. Erst dann wird die nötige Wassermenge allmählich unter fortwährendem Durcharbeiten zugesetzt und so lange weiter durchgearbeitet, bis man eine geschmeidige Masse erhält.

Auf die Maschinen zum Mischen der Stoffe soll bei der Bereitung des Betons etwas näher eingegangen werden. Sie sind für unterbrochenen oder beständigen Betrieb eingerichtet, als Fallwerke, Mischtröge, Mischtrommeln oder Kollergänge konstruiert und für kleinere Bauausführungen fahrbar eingerichtet, während bei sehr umfangreichen Arbeiten ganze, mit allen Errungenschaften der Neuzeit ausgerüstete Mörtel- bzw. Betonbereitungsanlagen errichtet werden. — Maschinenmörtel bzw. -Beton ist billiger, gleichmässiger und gibt grössere Festigkeiten als solcher, der mit der Hand gemischt ist.

**Zementputz und Anstrich.** Zu putzende Oberflächen von Mauerwerk, Beton usw. müssen vorher sorgfältig von Schmutz, Staub und losen Teilchen befreit, abgewaschen und wiederholt angenässt werden. Fugen sind auszukratzen und auszuspritzen. Beim Putzen soll anhaltendes Glätten mit der Kelle oder Stahlscheibe vermieden werden, sondern die Flächen sind mit der Filzscheibe abzureiben. Putzarbeiten sind möglichst bei feuchter Witterung, also im Frühjahr oder Herbst auszuführen. Zum Putz ist zu feiner Sand zu vermeiden. Die Putzflächen sind vor vorzeitigem Austrocknen zu schützen. Schwindrisse werden um so eher vermieden, je weniger fett die Mischung ist. Um dagegen Wasserdichtigkeit zu erzielen, darf, wie oben schon erwähnt, die Mischung nicht zu mager sein (mindestens 1:2,5).

Soll aus irgend welchen Gründen auf Zementputz ein Oelanstrich aufgebracht werden, so soll dies erst geschehen, wenn die betreffenden Mauern und Putzflächen vollständig erhärtet und trocken sind, möglichst nicht früher als ein Jahr nach der Herstellung. Um den Oelfarbanstrich haltbar zu machen, werden die Flächen besonders vorbereitet. Dies kann geschehen durch zweimaliges Ueberstreichen der Wände mit 1% tiger Schwefelsäure, Abwaschen mit Wasser und Trocknenlassen vor dem Anstrich. Auch durch wiederholtes sorgfältiges Abwaschen der Flächen mit Wasser, nach acht Tagen durch zweimalige Tränkung mit Leinölfettsäure und Hartwerdenlassen dieser Durchtränkung kann der Putz vorbereitet werden. Man streicht die Flächen auch wiederholt mit Wasserglas (käufliches Wasserglas mit drei bis vier Teilen Wasser verdünnt), wäscht sie vor dem letzten Wasserglasanstrich gut mit Wasser ab und lässt sie vor Aufbringung der Oelfarbe trocknen. Ferner wird empfohlen die Behandlung der Zementflächen mit Kessler'schen Fluaten, besonders Magnesium-Fluat. Man streicht die Fläche wiederholt mit Magnesiumfluatlösung in Wasser (das erste Mal mit 10 Teilen, später mit 5 Teilen Wasser verdünnt). Es ist genügend fluatiert, wenn gegen die Fläche gedrücktes, angefeuchtetes blaues Lackmuspapier sich rötet. Die Fläche wird dann tüchtig mit Wasser abgewaschen und kann nach dem Trocknen mit dem Oelfarbanstrich versehen werden.

### Zementbeton.

Unter Beton versteht man ein Gemenge eines Mörtels mit Kies oder Stein- schlag. Auch Schlacken finden als Füllstoffe Verwendung. Je nach dem Mörtel unterscheidet man Zement-, Kalk-, Gips-, Asphaltbeton usw. Für den Eisenbeton kommt nur der Zementbeton und zwar hauptsächlich solcher aus Portlandzement in Frage. Hier fehlen auch oft die gröberen Füllstoffe, wenn nämlich die Wandungen wie bei Rohren und dergl. sehr geringe Stärke besitzen, oder wenn die Eiseneinlage sehr engmaschig oder eng aneinanderliegend ist. In solchen

Fällen wird dann auch gewöhnlicher Zementmörtel aus Sand oder feinem Kies-sand als Beton angesehen. Schon durch die Erfindung des Portlandzements wurde die Anwendung des Betons eine sehr vielseitige. Die leichte Formgebung, die Vorzüglichkeit sowohl für Luft- als für Wasserbauten, die grosse Festigkeit und Dauerhaftigkeit, die Feuersicherheit, die Unabhängigkeit der Grösse der herzustellenden Stücke, sowie die leichte Beschaffung der Baustoffe liessen schon den gewöhnlichen Beton für die verschiedensten Zwecke als vorteilhaft erscheinen. Aus Guss- oder Stampfbeton wurden Gründungen, Wände, Decken, Hafen- und Ufermauern, Molen, Schleusen, Brücken usw. hergestellt. Letztere wurden bald in gewaltigen Abmessungen ausgeführt. So besitzt die von B. Liebold (Holz-minden) gebaute Brücke über das Syra-Tal bei Plauen i. V. aus Zementmörtel mit regelmässig eingepackten Steinstücken eine Spannweite von 90 m. Besonders traten die Vorteile der Betonbauweise auch bei schiefen Brücken hervor. Andererseits ist die Herstellung künstlicher Steine und die Ausführung von Schmuckteilen aus Beton durch sorgfältige Auswahl der Stoffe, durch nachträgliche Bearbeitung der geformten Gegenstände usw. zu einer solchen Vollendung gebracht, dass dieselben, wie viele derartige Gegenstände auf der Düsseldorfer Ausstellung vom Jahre 1902 bewiesen, auch künstlerischen Ansprüchen in hohem Grade zu genügen vermögen und geeignet erscheinen mit den natürlichen Steinen auch auf diesem Gebiete erfolgreich in Wettbewerb zu treten. Nachdem nun durch eine sachgemässe Vereinigung von Beton und Eisen die guten Eigenschaften dieser beiden Baustoffe im Betoneisenbau sozusagen summiert sind, ist das Anwendungsgebiet dieses letzteren ein so allgemeines geworden, dass es heute fast kein Bauwerk oder keine einzelnen Bauteile gibt, die sich nicht mit Vorteil in dieser Bauweise herstellen liessen.

So einfach jedoch diese neue Bauart nun auch sowohl in bezug auf die erforderlichen Baustoffe als in bezug auf die Ausführung auf den ersten Blick erscheinen mag, so muss doch durch sachgemässe Auswahl der Baustoffe, durch richtiges Mischungsverhältnis derselben im Beton sowie durch eine äusserst sorgfältige Herstellung dafür gesorgt werden, dass die vielen guten Eigenschaften und Vorzüge, die man dem Eisenbeton nachrühmt, wirklich zur Geltung kommen können. Als selbstverständlich zu betrachten ist bei allen Eisenbetonarbeiten, was aber nicht oft genug betont werden kann, dass die Entwürfe für dieselben schon so aufgestellt werden, dass dabei sämtliche Eigenschaften sowohl des Betons wie des Eisens sowie ihr gegenseitiges Verhalten in Betracht gezogen werden, da nur dann durch richtige Abmessungen der Einzelteile und durch richtige gegenseitige Lage der ganzen Konstruktion eine solche Anordnung gegeben werden kann, dass dieselbe den äusseren Beanspruchungen mit Sicherheit gewachsen ist, ohne dass an irgend einer Stelle Baustoff verschwendet wird.

Sand. In bezug auf die Eigenschaften der für die Betonbereitung in Betracht kommenden Baustoffe, Sand, Kies oder Steinschlag, sowie des Wassers gelten im allgemeinen dieselben Bedingungen, die schon oben bei der Besprechung des Zementmörtels hervorgehoben wurden. Namentlich sollen diese Stoffe rein sein und frei von allen schädlichen Beimischungen und Verunreinigungen. Sand, Kies und Steinschlag sollen in der Regel auch eine dem Portlandzement entsprechende also mindestens gleiche Festigkeit besitzen, weshalb Quarzsand für die meisten Fälle den Vorzug verdient. Zuweilen tritt jedoch die Festigkeit in

den Hintergrund, wie z. B. bei wenig oder gar nicht belasteten Deckenverkleidungen oder Gewölben. Es kommt dann darauf an, das Eigengewicht solcher Konstruktionen möglichst niedrig zu gestalten, weshalb Schlacken und Schlackensande Verwendung finden. Bei der Auswahl derartiger Stoffe soll man jedoch mit der nötigen Sorgfalt verfahren, da sie zuweilen schädliche Beimischungen enthalten. Wenn man daher nicht genau über die Beschaffenheit der Schlacke unterrichtet ist, wird man gut tun, dieselbe zu prüfen oder von einer Prüfungsanstalt für Baustoffe<sup>1)</sup> auf ihre Zusammensetzung und Brauchbarkeit hin untersuchen zu lassen.

Eine sehr wichtige Rolle spielt die Gestalt und Grösse der Sandkörner sowie ihr gegenseitiges Mischungsverhältnis in bezug auf Festigkeit, Dichte und Kosten des Mörtels oder Betons. Ähnliches gilt auch von der Grösse und Gestalt der Kieselsteine sowie der einzelnen Stücke des Steinschlags. Von den oben genannten Eigenschaften der Sandkörner sowie der gröberen Füllstoffe des Betons hängt sowohl der zwischen ihnen beispielsweise in einem Kubikmeter verbleibende Gesamthohlraum als auch die Gesamtoberfläche der im Kubikmeter enthaltenen Sandkörner, Kieselsteine und dergl. ab. Beide sind sowohl für die Mörtelbereitung wie für die Herstellung von Beton von höchster Wichtigkeit. Im Mörtel soll jeder hohle Raum zwischen den Sandkörnern durch die Kittmasse des Bindemittels ausgefüllt sein, und ausserdem soll jedes Sandkorn zur innigen Verkittung mit den benachbarten Körnern mit einer dünnen Schicht des Bindemittels umgeben sein. In ähnlicher Weise müssen beim Beton sämtliche Hohlräume zwischen den Kieselsteinen bezw. den Steinschlagstücken von Mörtel ausgefüllt sein, und jeder Kieselstein bezw. jedes Steinschlagstück muss von einer dünnen Mörtelschicht vollständig eingehüllt sein, damit auch diese gröberen Füllstoffe überall mit den Nachbarstücken gehörig verbunden sind.

Von dem Einfluss der Korngrösse erhält man ein klares Bild, wenn man sich alle Sandkörner genau kugelförmig und von gleicher Grösse denkt. Zunächst ist die Art der Lagerung von hoher Bedeutung für die Grösse des verbleibenden Gesamthohlraums. Nach Dr. C. Schumann<sup>2)</sup> ergibt sich bei lockerster Lagerung ganz unabhängig von der Korngrösse für 1 cbm Sand stets ein Gesamthohlraum von 0,476 cbm, bei dichtester Lagerung dagegen ein solcher von 0,303 cbm. Die lockerste sowie die dichteste Lagerung sind in Aufriss und Grundriss durch die Figuren 1 bis 6, Tafel I, anschaulich gemacht. Die Gesamtoberfläche der in 1 cbm enthaltenen Sandkörner dagegen wächst in demselben Verhältnis, in welchem ihr Durchmesser abnimmt. Es ergibt sich:

Sandkorn- durchmesser	Gesamtoberfläche bei lockerster Lagerung	Gesamtoberfläche bei dichtester Lagerung
mm	qm	qm
7	449	598
6	524	698
5	628	837
4	785	1046

<sup>1)</sup> Einige Prüfungsanstalten für Baustoffe sind im Anhang angegeben.

<sup>2)</sup> Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen. Berlin 1905.

# Taf. I.

Darstellung der verschiedenen Lagerungen von Sand und dergl.

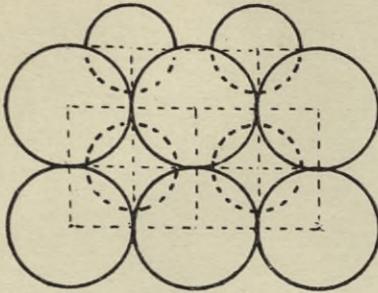


Fig. 1. Aufriß.

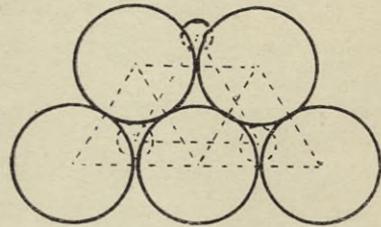


Fig. 4. Aufriß.

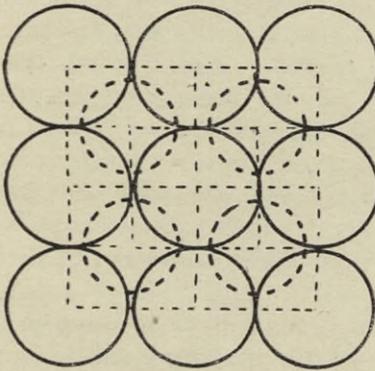


Fig. 2. Grundriß.

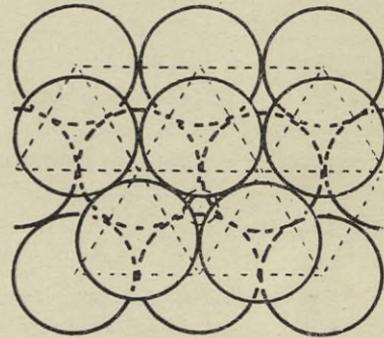


Fig. 5. Grundriß.

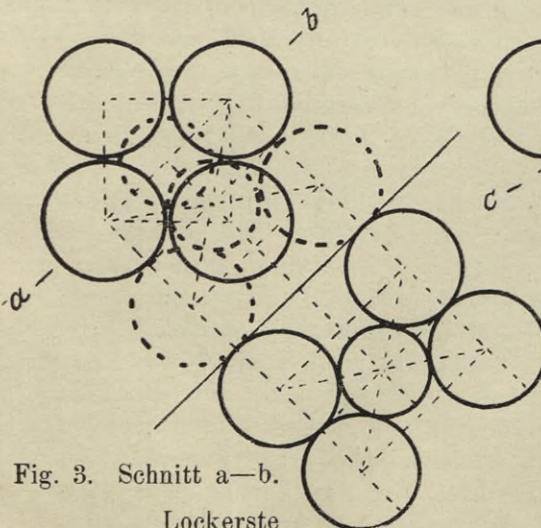


Fig. 3. Schnitt a—b.

Lockerste

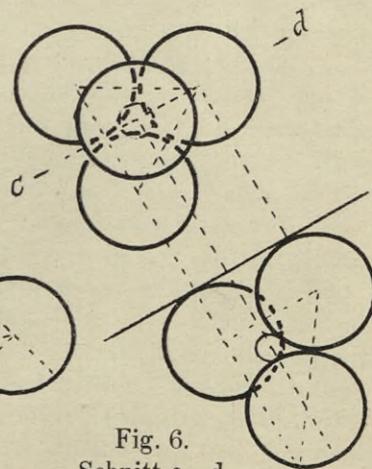


Fig. 6. Schnitt c—d.

Dichteste

Lagerung.



Sandkorn- durchmesser	Gesamtoberfläche bei lockerster Lagerung	Gesamtoberfläche bei dichtester Lagerung
mm	qm	qm
3	1047	1395
2	1571	2092
1	3142	4185
0,75	4187	5579
0,50	6283	8369
0,25	12566	16738
0,125	25133	33476

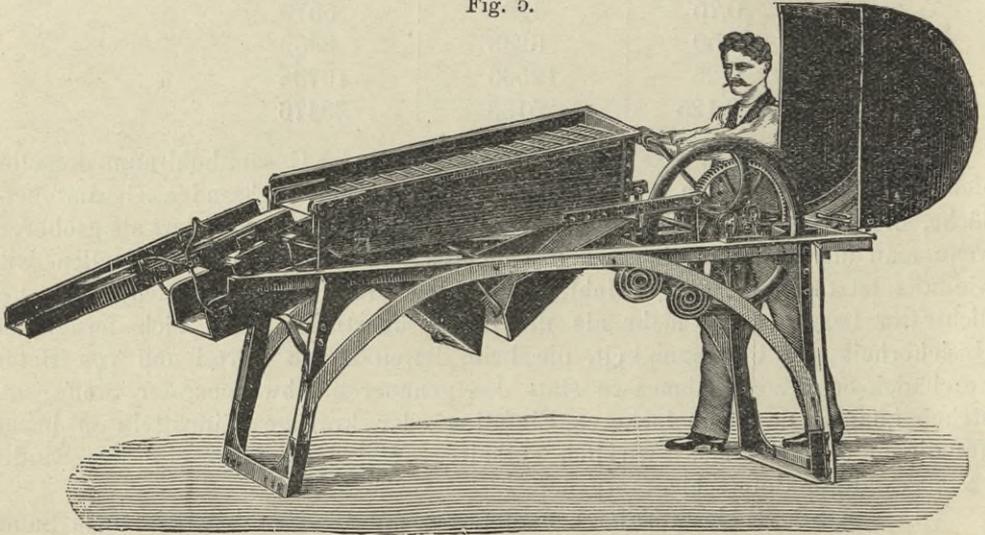
Man sieht hieraus, dass feiner Sand, trotzdem der Gesamthohlraum derselbe bleibt wie bei gröberem Korn, wegen der gewaltig wachsenden Gesamtoberfläche, die verkittet werden muss, bedeutend mehr Zement erfordert als gröberer, wenn man aus ersterem einen ebenso dichten und festen Mörtel herstellen will wie aus letzterem. Da der Hohlraum bei lockerster Lagerung denjenigen bei dichtester Lagerung um mehr als die Hälfte übertrifft, ergibt sich ferner die Unsicherheit und Ungenauigkeit, die beim Bereiten von Mörtel und von Beton durch das bequemere Abmessen statt des genaueren Abwägens der Stoffe entstehen können, da schon lockeres Einfüllen oder kräftiges Einrütteln in bezug auf die in dem Hohlraum wirklich enthaltene Masse beispielsweise des Sandes ganz gewaltige Unterschiede ergeben.

In den Fig. 1 bis 6, Tafel I, sind ferner die grössten kugelförmigen Sandkörner mit eingezeichnet, die zwischen den Hauptkörnern noch Platz finden. Die Grösse derselben ergibt sich aus den Diagonalschnitten a b und c d. Diese Abbildungen im Verein mit den oben gemachten Zahlenangaben weisen deutlich darauf hin, dass zur Erzielung eines möglichst dichten und festen Mörtels unter möglichster Ersparung von Zement zwar ein Sand von gemischter Korngrösse vorteilhaft ist, dass aber über die einzelnen Korngrössen und ihr gegenseitiges Mischungsverhältnis sich unmöglich allgemein gültige Angaben machen lassen. Allgemein werden diejenigen Mischungen vorzuziehen sein, welche das höhere Gewicht für die Raumeinheit ergeben. Will man aber wirklich sachgemäss zu Werke gehen, so wird man aus den auf diese Weise als günstig erkannten Sandmischungen Mörtelproben herstellen und diese auf ihre Festigkeit, Dichtigkeit usw. hin untersuchen. Bei grösseren Bauausführungen und bei noch unerprobtem Sande werden solche Untersuchungen immer nutzbringend sein. Dieselben können zuweilen z. B. dahin führen, einen gemischtkörnigen Sand zunächst durch Absieben in verschiedene Korngrössen zu trennen, um ihn erst dann in dem als am vorteilhaftesten befundenen Verhältnis zu mischen. Ähnliches wie vom Sande gilt auch vom Kies und Schotter. Namentlich bei dem für Beton oft verwandten Kiessande, wie er vielfach gefunden wird, wird eine Ermittlung der einzelnen Korngrössen und die Herstellung und Untersuchung von Probewürfeln zweckmässig sein, um festzustellen, ob vielleicht noch Sand oder Kies von dieser oder jener Korngrösse hinzuzufügen ist, um ein möglichst günstiges Ergebnis zu erzielen. Solche Untersuchungen werden um so notwendiger, als wir ja in der Wirklichkeit es nicht mit kugelförmigen Körpern zu

haben wie bei unserer obigen Betrachtung, sondern mit allen möglichen Körperformen, woraus eine noch viel grössere Mannigfaltigkeit in bezug auf Gesamthohlraum und Gesamtoberfläche entspringt. Geeignete Sortiermaschinen, wie sie z. B. die Düsseldorfer Baumaschinenfabrik Büniger & Leyrer liefert, sind in Fig. 5 und 6 dargestellt.

Was die Oberflächenbeschaffenheit anbelangt, so wird in der Praxis in der Regel sogenannter scharfer Sand vorgezogen, d. h. solcher mit rauhen, eckigen

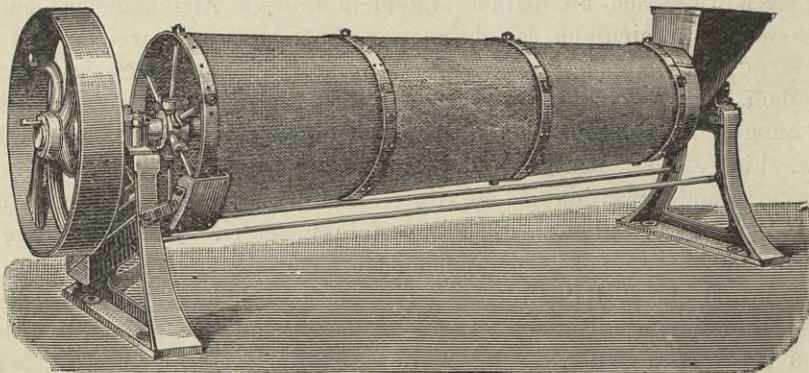
Fig. 5.



Kiessieb- und Sortiermaschine von Büniger u. Leyrer, Düsseldorf, für Handbetrieb. Leistung 25–50 cbm für einen Tag bei Handbetrieb. Für Maschinenbetrieb 4–6mal mehr.

Oberflächen. Nach Versuchen ergibt dieser die grösste Zugfestigkeit, während bei Sand mit glattem, rundlichem Korn die Druckfestigkeit des daraus hergestellten Mörtels eine grössere sein soll.

Fig. 6.



Trommel-Siebmaschine von Büniger u. Leyrer, Düsseldorf.

Kies und Steinschlag. Auch diese Stoffe sollen fest und rein sein und am besten von verschiedener Korngrösse, da dadurch der Beton am dichtesten und festesten wird und am wenigsten Mörtel erfordert. Das Wasseraufsaugungsvermögen darf nicht zu gross sein. Kies, als Flusskies oder Grubenkies, wird

bis 50 mm Korngrösse verwandt. Die Grösse richtet sich nach den Abmessungen des Betonkörpers und bei Eisenbetonarbeiten besonders nach dem Zwischenraum zwischen den Eiseneinlagen. Für diese Arbeiten ist die grösste Abmessung der Kieselsteine daher oft nur 2,5 bis 3 cm. Jedenfalls sollen die grössten Stücke hier immer nur solche Abmessungen erhalten, dass sowohl sie wie die Eiseneinlagen überall noch genügend von Mörtel umhüllt werden. Dasselbe gilt von der Grösse des Steinschlags. In der Regel sollen die einzelnen Stücke noch durch einen Ring von 60 bis 70 mm Durchmesser oder durch ein quadratisches Loch von 50 bis 60 mm Seite hindurchgehen. Kies und Steinschlag sollen ebenfalls von festen, wetterbeständigen und dichten Ursprungsgesteinen herühren. Weiche Kalk- und Sandsteine sind ebenso zu vermeiden wie schwach gebrannte Ziegelsteine. Dagegen kann Schotter von bis zur Sinterung gebrannten Klinkern gut Verwendung finden. Von den natürlichen Gesteinen werden immer die mit hohem Quarzgehalt den Vorzug verdienen wie Granit, Gneis, Grauwacke, Hornblende und dergl. Ungeeignet dagegen sind Steine mit hohem Glimmergehalt, Trachyt, Laven und dergl. Dass Schlacken nur mit Vorsicht zu verwenden sind, wurde schon früher erwähnt; namentlich soll ein hoher Schwefelgehalt derselben der Eiseneinlage leicht gefährlich werden können. Wo die Abmessungen der herzustellenden Bauteile es zulassen und besonders Eiseneinlagen dies nicht verbieten, können der Betonmasse auch Findlinge oder grösseres Gerölle bis etwa 40 v. H. beigemischt werden. Wo es erforderlich ist, sind Kies oder Steinschlag vor ihrer Verarbeitung zu Beton zu waschen. Auch sollen sie so mit Wasser getränkt sein, dass sie nicht mehr imstande sind, im Beton dem Zementmörtel vor seiner Erhärtung in schädlicher Weise Wasser zu entziehen.

**Mischungsverhältnis.** Das Mischungsverhältnis von Zement, Sand und Kies oder Steinschlag richtet sich nach dem Zweck der Betonarbeit und besonders nach den Anforderungen, die in bezug auf Festigkeit und Wasserdichtigkeit an dieselbe gestellt werden. Dasselbe ist ausserdem in hohem Grade von der Beschaffenheit des Sandes und Kieses bzw. Steinschlags abhängig. Auch die Zeit, innerhalb welcher eine gewisse Festigkeit verlangt wird, spielt hier eine Rolle. An Mörtel braucht man so viel, dass die Hohlräume zwischen den Kieselsteinen bzw. den Schotterstücken völlig ausgefüllt sind, vermehrt um eine Masse von etwa 15 v. H. zur innigen Umhüllung dieser Füllstoffe. Soll der Beton wasserdicht sein, so muss das Verhältnis von Zement und Sand mindestens gleich 1:2,5 sein. Das Verhältnis von Sand zu Kies oder Steinschlag wird allgemein wie 1:2, bei Steinschlag auch wie 1:2,5 angenommen. Im allgemeinen schwankt das Mischungsverhältnis von Zement zu Sand und Kies bzw. Steinschlag bei Eisenbetonkonstruktionen in der Regel zwischen 1:3 bis 1:6, d. h. zwischen 1 Raumteil Zement auf 3 bis 6 Raumteile Sand und Kies oder Steinschlag. Oft wird die die Eiseneinlage umhüllende Betonmasse aus einer fetteren Mischung hergestellt als die übrige. Dies Verfahren soll mit Vorsicht geübt werden, da bei zu ungleichem Zementgehalt der aufeinander gestampften Schichten sich zwischen ihnen wegen des ungleichen Schwindens beim Trocknen und wegen der ungleichen Ausdehnung bei Feuchtigkeitsaufnahme und Temperaturwechsel leicht Trennungsfugen bilden können.

Während man z. B. in Frankreich meist das Gewicht der Zementmenge angibt, die in 1 cbm Beton enthalten ist, beiläufig 250 bis 450 kg Zement für

1 cbm Beton, wird in Deutschland das Mischungsverhältnis in der Regel in Raumteilen angegeben. So bestehen beispielsweise Monierdeckenplatten aus einer Mischung von 1 Teil Zement und 3 Teilen Sand, die bei stärkeren Stücken auch auf 1:4 bis 1:4,5 herabgemindert wird. Mischungen von 1:3 bis 1:3,5 gestalten sich in der Regel in bezug auf die Druckfestigkeit des Betons und auf die Haftfestigkeit desselben am Eisen am vorteilhaftesten. Bei schwachen Mischungen wächst das Eigengewicht bedeutend wegen der notwendig werdenden grösseren Stärken der Konstruktionen. Den Mischungsverhältnissen nach Raumteilen entsprechen bei 1:2, 1:3, 1:4 und 1:5 etwa 650, 450, 340 bis 350 und 280 bis 300 kg Zement in einem Kubikmeter gut gestampftem Beton. Bei der Melanbauweise ist das Mischungsverhältnis 1:2:3 oder 1:1,5:4 bis 1:3:6, im Durchschnitt 1:2:4. Einer Mischung im Verhältnis von 1:2,5:5 entsprechen etwa 250 kg Zement auf 1 cbm Beton. Konstruktionen nach Coignet enthalten etwa 300 kg Zement auf 1 cbm Sand, wobei letzterer ungefähr zur Hälfte aus feinem Kies besteht. Bei Hennebique ist das Raummischungsverhältnis rund 1:2:4, so dass 1 cbm Beton etwa 275 kg Zement enthält. Es ergeben hier bei Handmischung 300 kg Zement, 0,4 cbm Sand und 0,850 cbm Kies oder Schotter rund 1,1 cbm Beton. Bei Maschinenmischung wird der Zementanteil für dieselbe Sand- und Kies- bzw. Steinschlagmenge auf 250 kg herabgesetzt. In neuerer Zeit wird bei dieser Bauweise der Sandgehalt etwas herabgesetzt und der Kiesanteil in demselben Masse erhöht, so dass man rechnet: 300 kg Zement auf 0,15 bis 0,25 cbm Sand und 1,0 cbm Kies oder Steinschlag. Bei dünnwandigen, wasserdichten Konstruktionen geht das Raumverhältnis von Zement zu Sand und Kies bis auf 1:2 bis 1:1,5, so dass auf 1 cbm Sand und feinen Kies 700 kg Zement und mehr gerechnet werden.

Für Kies mit 35% Hohlraum und für Schotter mit 47% Hohlraum gibt R. Dyckerhoff den Bedarf an Zement, Sand und Kies bzw. Schotter sowie die Ausbeute wie folgt an.

Mischungsverhältnis Raumteile			Aus- beute	Bedarf für 1 cbm Stampfbeton			
Zement 1	Sand 1	Kies 1		Zement		Sand	Kies
			1	kg	1	1	1
100	200	400	440	318	227	450	900
100	300	600	665	210	150	450	900
100	400	800	885	158	113	450	900
100	500	1000	1125	125	90	450	900
		Schotter					Schotter
100	200	300	355	395	282	600	900
100	300	450	500	280	200	600	900
100	400	600	650	215	154	600	900
100	500	750	835	168	120	600	900

Feodor Ast<sup>1)</sup> erhielt bei einem Verhältnis von Sand zu Kies wie 1 zu 2 folgende Ausbeuten:

<sup>1)</sup> Der Beton und seine Anwendung von Feodor Ast. Verlag der Tonindustrie-Zeitung. Berlin 1907.

Mischungsverhältnis. Zement : Sand und Kies in Raumteilen	Zement kg	Sand l	Kies l	Wasser l	Ausbeute l
1 : 5	170	203	406	76	578
1 : 6	170	244	488	88	680
1 : 8	170	325	650	112	894
1 : 9	170	366	732	124	1006

Es entspricht dies einer durchschnittlichen Ausbeute der Zement-, Sand- und Kiesmenge von 80%. Bei fetteren Mörtelmischungen geht die Ausbeute auf 65 bis 70% herab.

So gibt z. B. C. Kersten<sup>1)</sup> folgende Ausbeuten an bei Verwendung von 29% der Zement- und Sandmenge an Wasser:

Mischungsverhältnis. Zement : Sand : Kies in Raumteilen	Bedarf für 1 cbm Stampfbeton (stark gestampft).			
	Zement 1	Sand 1	Kies 1	Wasser 1
1 : 1 : 2	371	371	742	215
1 : 1,5 : 3	275	412	825	199
1 : 2 : 4	219	438	876	191
1 : 2,5 : 5	181	452	905	184
1 : 3 : 6	151	456	912	176
Zement : Sand : Schotter in Raumteilen			Schotter 1	
1 : 1 : 1,5	465	465	698	270
1 : 1,5 : 2	365	547	730	264
1 : 2 : 3	283	566	848	246
1 : 2,5 : 3,75	237	592	889	240
1 : 3 : 4,5	198	594	891	230

In dem Werke „Der Portlandzement und seine Anwendungen im Bauwesen“ gibt C. Schumann folgende Mischungsverhältnisse und Ausbeuten für Beton an:

Mischungsverhältnis. Zement : Sand + Kies in Raumteilen	Zement kg	Sand u. Kies im Verhältnis 1 : 2 l	Wasser l	Ausbeute an gestampftem Beton l	Bedarf für 1 cbm fertigen Beton	
					Zement kg	Sand + Kies l
1 : 1	50	+ 36	+ 12	= 54	925	667
1 : 2	50	+ 72	+ 13	= 83	625	868
1 : 3	50	+ 108	+ 15	= 112	450	964
1 : 4	50	+ 144	+ 18,6	= 141	355	1,021
1 : 5	50	+ 180	+ 22,2	= 170	295	1,059
1 : 6	50	+ 216	+ 25,8	= 200	250	1,080
1 : 9	50	+ 324	+ 36,6	= 296	169	1,094
1 : 12	50	+ 432	+ 47,4	= 400	125	1,080

<sup>1)</sup> Der Eisenbetonbau von C. Kersten. Berlin 1906. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

Aus der Verschiedenheit dieser Angaben ersieht man schon klar, dass es nicht möglich ist, allgemein gültige Angaben über das Mischungsverhältnis zu machen. Ausser den schon oben erwähnten Umständen wie Zweck der Ausführung, verlangte Festigkeit usw. spielt wie bei der Mörtelbereitung auch die feine Mahlung des Zements sowie die Grösse der Hohlräume zwischen den Sandkörnern, sowie zwischen den Kies- oder Schotterstücken eine wichtige Rolle. Diese Hohlräume lassen sich ermitteln, indem man ein bestimmtes Mass mit Sand, Kies oder Steinschlag füllt und untersucht, wieviel Wasser man zum Füllen der Hohlräume noch hineingiessen muss. Im Durchschnitt betragen diese Hohlräume 40% und zwar bei feinem Sande 30% und weniger, bei gröberem 35%, bei mittlerem Kies 40%, bei grobem Steinschlag 45 bis 50%.

Die „Bestimmungen“ enthalten über den Beton folgende Vorschriften:

„§ 1,2. In der Beschreibung ist der Ursprung und die Beschaffenheit der zum Beton zu verwendenden Baustoffe und ihr Mischungsverhältnis, der Wasserzusatz sowie die Druckfestigkeit, die der zu verwendende Beton aus den auf der Baustelle zu entnehmenden Baustoffen in dem vorgesehenen Mischungsverhältnis nach 28 Tagen in Würfeln von 30 cm Seitenlänge erreichen soll, anzugeben. Die Druckfestigkeit ist auf Erfordern der Baupolizeibehörde vor dem Beginn durch Versuche nachzuweisen.

§ 2,1. Die Eigenschaften der zum Beton zu verwendenden Baustoffe sind erforderlichenfalls durch Zeugnisse einer amtlichen Prüfungsanstalt nachzuweisen. Diese Zeugnisse dürfen in der Regel nicht älter als ein Jahr sein.

2. Es darf nur Portlandzement verwendet werden, der den preussischen Normen entspricht. Die Zeugnisse über die Beschaffenheit müssen Angaben über Raumbeständigkeit, Bindezeit, Mahlfeinheit sowie über Zug- und Druckfestigkeit enthalten. Von der Raumbeständigkeit und Bindezeit hat sich der Ausführende durch eigene Proben zu überzeugen.

3. Sand, Kies und sonstige Zuschläge müssen zur Betonbereitung und zu dem beabsichtigten Verwendungszwecke geeignet sein. Das Korn der Zuschläge darf nur so grob sein, dass das Einbringen des Betons und das Einstampfen zwischen den Eiseneinlagen und zwischen der Schalung und den Eiseneinlagen noch mit Sicherheit und ohne Verschiebung der Eisen möglich ist.“

Mischung. Die Mischung der einzelnen Stoffe zur Herstellung der Betonmasse kann von Hand oder durch geeignete Maschinen erfolgen. In letzterem Falle wird im allgemeinen die Mischung gleichmässiger, die Festigkeit des hergestellten Betons grösser, und bei nicht zu kleinen Massen werden die Kosten geringer. Die „Leitsätze“ sagen darüber folgendes:

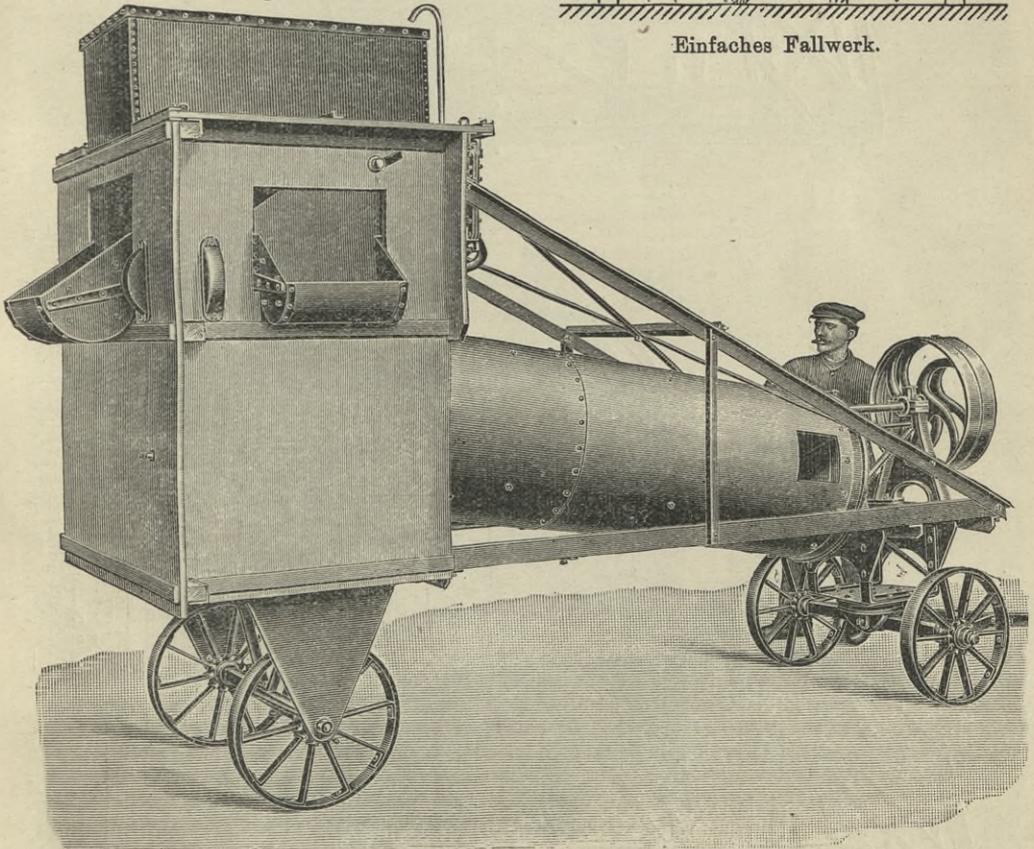
„Handmischung: Bei Handmischung ist die Betonmasse auf einer gut gelagerten, kräftigen, dicht schliessenden Pritsche oder auf sonst ebener, schwer absaugender und fester Unterlage herzustellen. Zunächst sind Sand bzw. Kies mit dem Zement trocken zu mischen, bis sie ein gleichfarbiges Gemenge ergeben, dann erst ist der vorher angetzte Zuschlag (Kies, Steinschlag) zuzusetzen, und das Gemenge ist mit dem zugegebenen Wasser so lange weiter zu mischen, bis eine gleichmässige feuchte Masse entsteht.

Maschinenmischung: Maschinenbeton ist dem Handbeton bei sonst gleichen Bedingungen stets überlegen.

Die erforderliche Mischdauer bei den einzelnen in ihrer Wirkungsweise verschiedenen Maschinen ist nicht allein abhängig von der Art der Maschine, sondern auch von der Art und Menge der aufgenommenen Baustoffe. Bei Maschinenmischung wird das Gemenge zunächst trocken (je nach Art der Maschine  $\frac{1}{2}$  bis 1 Minute) und hierauf unter allmählichem Wasserzusatz so lange noch weiter gemischt, bis eine durchaus innig gemischte, gleichmässig feuchte Masse entsteht.

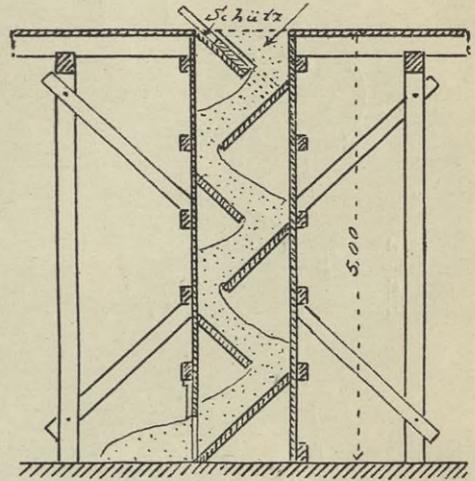
Mischdauer: Sowohl bei Handbeton als bei Maschinenbeton kann die Mischdauer dann als ausreichend angesehen werden, wenn die Steine allseitig mit innig gemischtem Mörtel behaftet sind.“

Fig. 8.



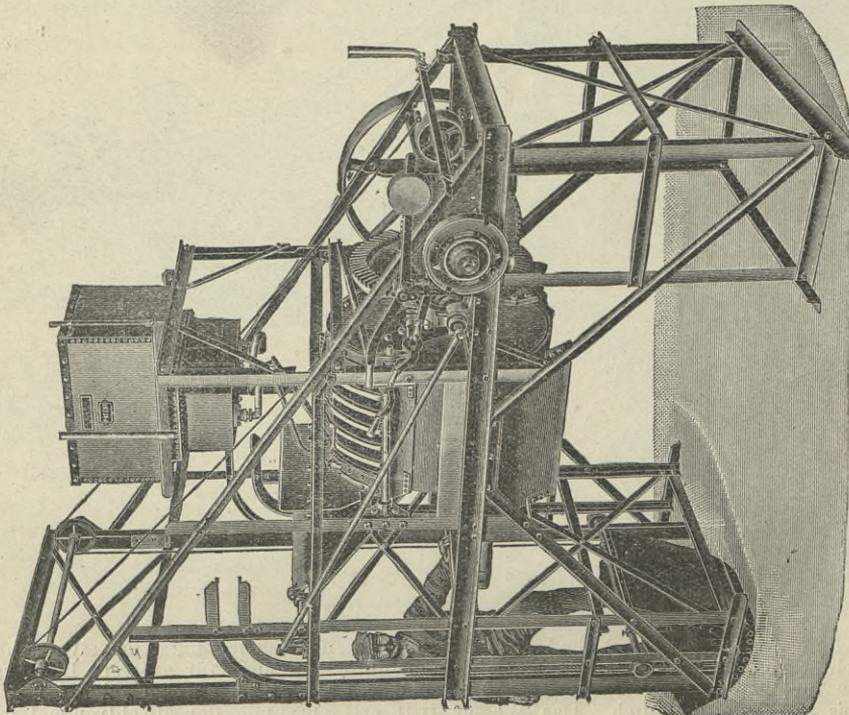
Beton-Maschine (Zylinder-System) für Hand- und maschinellen Betrieb mit Abmessvorrichtung am Fülltrichter von Gauhe, Gockel & Co., Oberlahnstein. Bedienung für grössere Leistungen: 1 Aufgeber für Zement, 2 Aufgeber für Kies und Sand, 2 Kurbeldreher oder  $\frac{1}{2}$ —1 HP. Leistung bis zu 7 cbm stündlich. Das Wasser tritt erst am Ende der Mischtrommel hinzu. Auf Wunsch wird automatische Wassermessung angebracht.

Fig. 7.



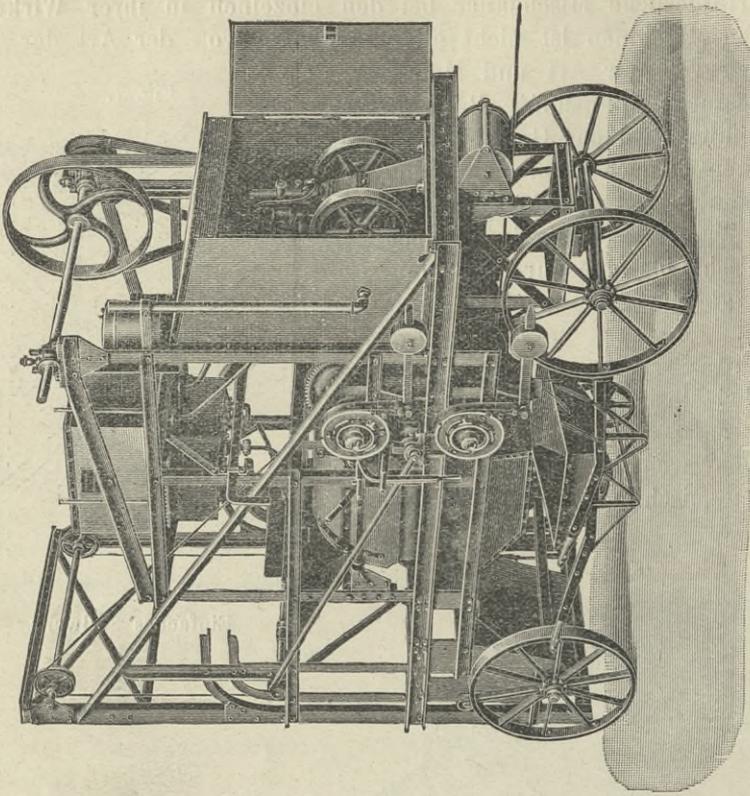
Einfaches Fallwerk.

Fig. 9.



Gauhe's Kugel-Mischmaschine für feinen Stampfbeton, Zementmörtel und Trassmörtel von Gauhe, Gockel & Co., Oberlahnstein. Besonders geeignet für feinen Stampfbeton zu Kanalröhren, Platten und dergl. Ohne oder mit Beschickungshöherwerk. Trommelfüllung 75—250 l. Leistung in der Stunde bei 20 Füllungen 1,5—3 cbm. Kraftbedarf 1—7 Pferdestärken.

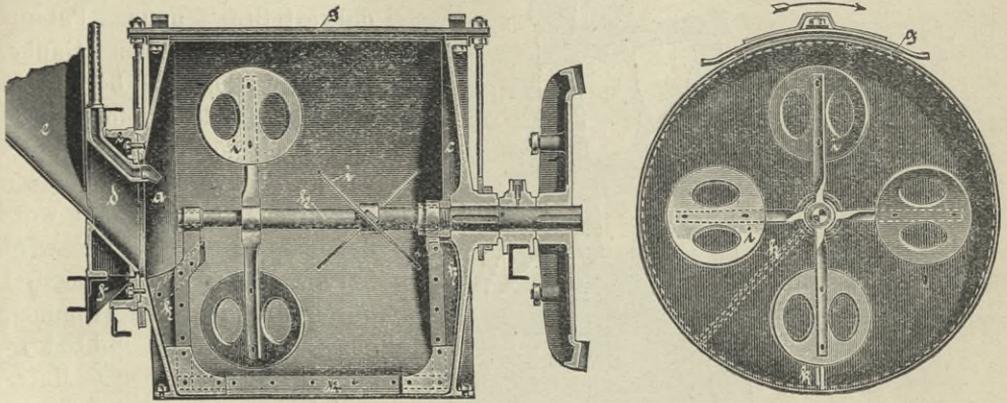
Fig. 9 a.



Patent-Betonmaschine von Gauhe, Gockel & Co., Oberlahnstein, mit Beschickungshöherwerk, Benzin-Motor und eingebautem Windwerk in Verbindung mit einem Schwenkkran (Fig. 9 c) zum Aufziehen des fertigen Betons in Karren.

Die hölzernen Pritschen bestehen aus 4 bis 5 cm starken gefugten oder gespundeten Bohlen, die auf etwa 60 cm voneinander liegenden Unterlagshölzern

Fig. 9b.



befestigt sind. Von Karl Peschke in Zweibrücken werden für diesen Zweck auch eiserne Betoniertafeln empfohlen, welche aus Blechplatten bestehen, die an den Rändern durch Flacheisen verstärkt sind. Die Tafeln sind zusammenklappbar. In aufgeklapptem Zustande haben sie eine Grösse von  $2,10 \times 2,10$  m. Auch grössere Tafeln werden gefertigt. Für dauernde Zwecke werden zweckmässig aus Beton hergestellte Mischplätze eingerichtet.

Als Betonmischmaschinen sind in Gebrauch: Fallwerke (Fig. 7) von mindestens 2,5 m Höhe (z. B. Betonmischer von Gilbreth), Maschinen mit flach geneigten Zylindern (z. B. von Gauhe, Gockel & Co. in Oberlahnstein) (Fig. 8), Kugelmischtrommeln (z. B. von der Maschinenfabrik Geislingen) oder Gauhe's Kugel-Mischmaschine (Fig. 9), Maschinen mit feststehender Trommel und drehbarer Achse mit Rührarmen (nach Patent Kunz vom Hüttenwerk Sonthofen und von Büniger & Leyrer in Düsseldorf gebaut) (Fig. 10), Maschinen mit drehbarer Trommel von Büniger & Leyrer in Düsseldorf (Fig. 11), Mischmaschine System Hüser, gebaut von F. Beyer & Zetsche in Plauen i. V., bei welcher wie bei der Kunz'schen Maschine ausser der Durchmischung auch ein kräftiges Durchkneten stattfindet, was in vielleicht noch höherem Grade bei dem vom Fr. Krupp-Grusonwerk in Magdeburg-Buckau gebauten Böcklen'schen Kollergang stattfindet, der jedoch nur für Zementmörtel und Beton mit Füllstoffen bis höchstens Walnussgrösse geeignet ist. Kleinere Maschinen werden durch Handantrieb

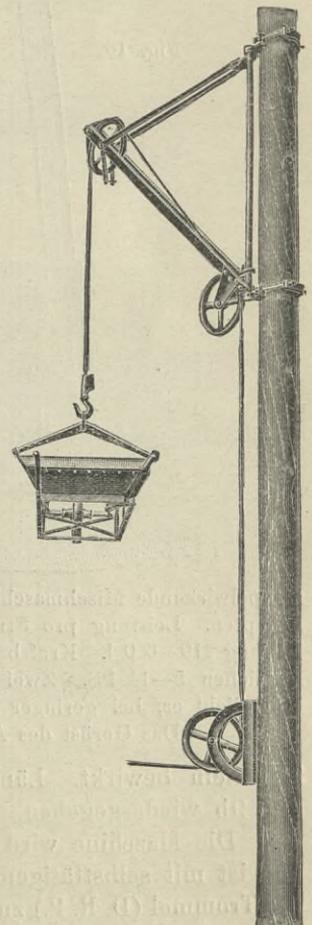
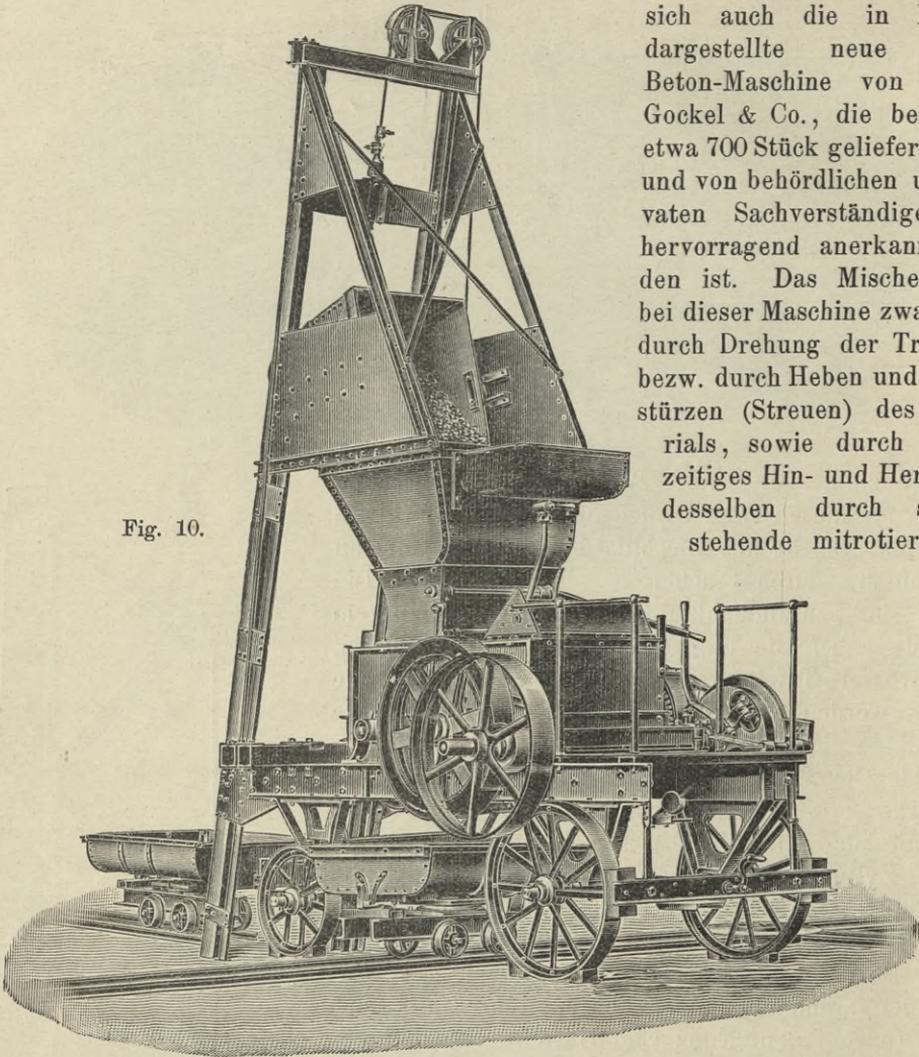


Fig. 9c.

bewegt und liefern in der Stunde 1,5 bis 6 cbm Beton; grössere erhalten Motorantrieb und haben eine Leistungsfähigkeit von 4 bis 40 cbm stündlich.

Vorzüglich bewährt hat sich auch die in Fig. 9a dargestellte neue Patent-Beton-Maschine von Gauhe, Gockel & Co., die bereits in etwa 700 Stück geliefert wurde und von behördlichen und privaten Sachverständigen als hervorragend anerkannt worden ist. Das Mischen wird bei dieser Maschine zwangsfrei durch Drehung der Trommel, bzw. durch Heben und Ueberstürzen (Streuen) des Materials, sowie durch gleichzeitiges Hin- und Herwerfen desselben durch schräg-stehende mitrotierende

Fig. 10.



Doppelwirkende Mischmaschine, fahrbar mit Aufzug und Fülltrichter von Alfred Kunz & Co., Kempten. Leistung pro Stunde normal je nach Grösse 7—18 cbm, maximal 10—30 cbm. Füllung 210—600 l. Kraftbedarf zum Mischen oder Aufziehen 3—12 PS., zum Mischen und Aufziehen 5—14 PS. Zwei Mischwellen mit daran befestigten Mischflügeln. Der Aufzug ermöglicht es, bei geringer Bedienungsmannschaft die Leistung ganz bedeutend zu erhöhen.

Das Gerüst des Aufzugs kann beliebig nach unten verlängert werden.

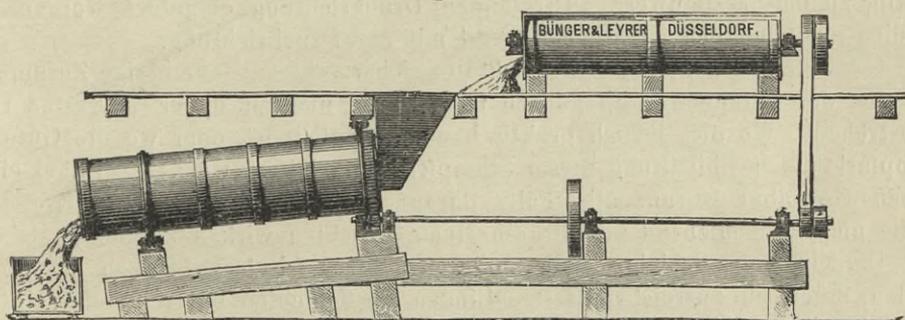
Schaufeln bewirkt. Längen- und Querschnitt durch die Mischtrommel sind in Fig. 9b wiedergegeben.

Die Maschine wird für Leistungen von 2 bis 40 cbm stündlich hergestellt und ist mit selbsttätigem Entleerungsschieber (D. R. P.) sowie mit Abstreifer in der Trommel (D. R. P.) zum selbsttätigen Reinigen versehen. Bei höchster Leistung und einfachster Bedienung mischt diese Maschine den Beton bedeutend billiger,

als dies mit der Hand geschehen kann. Der Betrieb ist ein ununterbrochener. Das Einfüllen des Materials geschieht in abgemessenen Mengen. Das Mischen ist von beliebiger Dauer, anfänglich trocken, dann nass. Der Kraftbedarf ist gering, und es kommen so gut wie gar keine Betriebsstörungen vor.

Das Öffnen und Schliessen der Trommel erfolgt während des Ganges mittels eines verschiebbaren Deckels durch einfache Handhebelbewegung. Die kleineren Maschinen eignen sich für Hand- und maschinellen Betrieb (1 bis 2 Mann oder 1 bis 1½ Pferdestärken). Alle Maschinen werden stationär oder fahrbar geliefert. Bei den mit einem Motor ausgerüsteten Maschinen ist ersterer auf eine Plattform des Maschinengestells montiert und durch ein Gehäuse gegen Staub und Nässe völlig geschützt. Die hohe Tourenzahl der schnelllaufenden Motoren wird durch ein auf der Beton-Maschine angebrachtes Vorgelege entsprechend reduziert. Die Maschinen werden mit doppelter, selbsttätiger Wasserabmessung versehen. Das Vorgelege kann auf Wunsch mit einer weiteren Riemscheibe zum Antrieb einer Aufzugswinde, Pumpe, Mörtelmaschine, Kies-Wasch- und Sortiermaschine versehen werden. Der auf der Betonmaschine befindliche Wasserbehälter liefert das für Benzin-, Spiritus- und Petroleum-Motoren erforderliche Kühlwasser, das er nach Benutzung wieder aufnimmt.

Fig. 11.



Beton-Mischmaschine für Maschinenbetrieb von Bünger u. Leyrer, Düsseldorf. Horizontale, muldenförmige Mörtel-Mischmaschine, 3 m lang, zylindrische Betontrommel, 4 m lang. Leistung 12—14 cbm in der Stunde.

Auf Wunsch werden Betonmaschinen mit eingebautem Last-Windwerk (Fig. 9a u. 9c) geliefert zum Hochziehen des fertigen Betons. Dieses befindet sich unter dem Maschinengestell und ist mit einer einfach zu bedienenden Sperrradbremse versehen.

Die Aufstellung der Maschine kann in beliebigem Winkel zu Kran oder Aufzug erfolgen, wenn das Zugseil über Leitrollen geführt wird. Auch kann das Aufziehen im Gebäudeinnern erfolgen.

Verarbeitung. Sofort nach Hinzumischung des nötigen Wassers, durch welches das Betongemenge in Betonmasse verwandelt wird, muss mit der Verarbeitung der letzteren begonnen und diese so rasch ausgeführt werden, dass sie vor Beginn des Abbindens beendet ist. Die Grösse des Wasserzusatzes richtet sich, ähnlich wie beim Zementmörtel, nach Zweck der Arbeit, nach den verlangten Eigenschaften, besonders Festigkeit und Dichtheit, nach Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft, nach der Abbindezeit des Zements und dergl.,

dann aber auch nach der Art der Verarbeitung, ob als Stampfbeton (erdfeucht oder weich), Guss- oder Füllbeton, oder als Schüttbodyeton unter Wasser. Bei Betoneisenkonstruktionen wird fast nur der plastische oder weiche Beton verwendet, der eine grössere Gewähr für eine allseitige innige Umhüllung der Eiseneinlagen bietet. Nach Versuchen von Bach zeigt der mit etwa 50% mehr Wasser angerührte plastische Beton zwar im Anfang (nach 28 Tagen) eine geringere Festigkeit als der erdfeuchte, doch soll dieser Unterschied sich nach längerer Erhärtungszeit ziemlich ausgleichen.

Ueber die Verarbeitung selber enthalten die „Leitsätze“ noch folgende Angaben:

„Die Betonmasse darf in der Verwendungsstelle (Baugrube, Verschalung) nur schichtenweise und nur in solcher Höhe eingebracht werden, dass die Dicke der fertig gestampften Schichten folgende Masse in der Regel nicht überschreitet:

bei erdfeuchtem Stampfbeton je nach der Beanspruchung 15 bis 20 cm,

bei weichem Stampfbeton je nach der Beanspruchung 20 bis 30 cm.

In diesen Grenzen ergibt die geringere Schichthöhe die höhere Festigkeit.

Es ist besonders darauf zu achten, dass etwa abgesonderte gröbere Zuschlagteile wieder mit dem Mörtel vermengt werden.

Die einzelnen Schichten sollen, wo es die Bauausführung gestattet, rechtwinklig zu der im Bauwerk auftretenden Druckrichtung eingelegt werden und, wo dies nicht möglich ist, gleichlaufend mit der Druckrichtung.

(Das Stampfen in der Druckrichtung sichert eine gleichmässige Zusammensetzung der Betonmasse im ganzen Querschnitt und ist daher in erster Linie anzustreben. Wo dies jedoch praktisch nicht möglich ist, oder wo die Güte der Stampfarbeit bei Einhaltung dieser Stampfrichtung leiden würde (z. B. bei einem flachen Gewölbe) ist auf alle Fälle darauf zu achten, dass die auftretenden Kräfte nicht verschiebend auf die einzelnen Schichten wirken können.)

Die einzelnen Schichten müssen in der Regel frisch auf frisch verarbeitet werden, damit ein ausreichend festes Binden der Schichten untereinander eintritt.

Sofern bei erdfeuchtem Stampfbeton die Oberfläche einer frisch gestampften Schicht infolge des Stampfens und besonderer Eigenschaften der Baustoffe (z. B. Feinkörnigkeit des Sandes, oder Reichhaltigkeit desselben an Ton oder feinen Staubteilen) Glätte zeigt, muss anschliessend an das Stampfen diese Glätte beseitigt werden. Auf alle Fälle muss immer die Oberfläche durch Abkehren mit Stahlbesen aufgeraut werden.

Treten frische Stampfschichten mit bereits abgeordneten in Berührung, so muss für ausreichend festen Zusammenschluss der Betonmassen gesorgt werden. Neben einer geeigneten Gliederung der in Betracht kommenden Betonkörper selbst wird hierfür empfohlen, unmittelbar vor Aufbringung der frischen Betonmasse die Verbindungsfläche mit Stahlbesen nass und scharf abzukehren und mit einem dünnen Zementbrei einzuschlämmen. Bei Verarbeitung steinreicher Betonmasse empfiehlt sich ausserdem die Einbringung einer dünnen Schicht weichen Mörtels von mindestens gleicher Mischung wie der Mörtel des Betons.

Es sind quadratische oder rechteckige Stampfer von 10 bis 16 cm Seitenlänge und 10 bis 17 kg Gewicht zu verwenden (Fig. 12a).

Die Grösse der aufzuwendenden Stampfarbeit wird bedingt durch die zu erzielende Festigkeit und durch die Art der Betonmasse (erdfeucht oder weich).

(Erdfeuchte Betonmasse erfordert höheren Aufwand an Stampfarbeit und grössere Sorgfalt seitens der Arbeiter und der Aufsicht als weiche Masse. Bei erdfeuchter Betonmasse ist die Grenze des Stampfens in der Regel erreicht, wenn ein Zusammenpressen nicht mehr stattfindet oder die Masse elastisch wird oder Wasser ausscheidet.

Nicht immer kann der Austritt von Wasser herbeigeführt werden, da die besonderen Eigenschaften der Baustoffe hierbei mitsprechen.

Bei weicher Betonmasse kann zu langes Stampfen Entmischen herbeiführen, also schädlich wirken.)

Besondere Sorgfalt ist auf das Stampfen der Ecken und Aussenflächen (längs der Verschalung) zu verwenden.

Die einzelnen Stampfflächen sollen sich etwas überdecken.

Bei steinreichem, erdfeuchtem Stampfbeton empfiehlt es sich, zwischen den Stampfgängen die Oberfläche abzukehren und den losgetrennten Mörtel in die Hohlräume zu verteilen.

Die fertige Betonmasse darf selbst in Ausnahmefällen bei warmer und trockener Witterung nicht länger als eine Stunde, bei kühler bzw. nasser Witterung nicht länger als zwei Stunden unverarbeitet liegen bleiben.

Derartige nicht sogleich verarbeitete Betonmasse muss vor Witterungseinflüssen, wie Sonne, Wind, starkem Regen usw. geschützt, ausserdem vor dem Einbringen in die Verwendungsstelle nochmals umgeschaufelt werden.

Bei bereits in die Verwendungsstelle eingebrachter Betonmasse muss die Verarbeitung unter allen Umständen ohne Unterbrechung bis zur Beendigung des Stampfens durchgeführt werden.

Bei Frostwetter darf nur dann betoniert werden, wenn schädliche Einwirkungen des Frostes durch geeignete Massnahmen ausgeschlossen werden. Gefrorene Baustoffe dürfen nicht verarbeitet werden.“

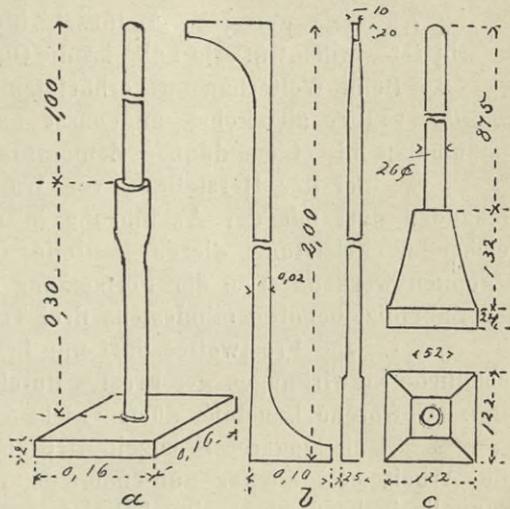
Die „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten“ enthalten u. a. folgendes:

§ 5,1. „Die Verarbeitung der Betonmasse muss in der Regel sofort nach ihrer Fertigstellung begonnen werden und vor Beginn ihres Abbindens beendet sein.

2. Die Betonmasse darf bei warmer und trockener Witterung nicht länger als eine Stunde, bei kühler oder nasser Witterung nicht länger als zwei Stunden unverarbeitet liegen bleiben. Nicht sofort verarbeitete Betonmasse ist vor Witterungseinflüssen wie Sonne, Wind, starkem Regen zu schützen und vor der Verwendung umzuschaukeln.

3. Die Verarbeitung der eingebrachten Betonmasse muss stets ohne Unterbrechung bis zur Beendigung des Stampfens durchgeführt werden.

Fig. 12.



4. Die Betonmasse ist in Schichten von höchstens 15 cm Stärke einzubringen und in einem dem Wasserzusatz entsprechenden Masse durch Stampfen zu verdichten. Zum Einstampfen sind passend geformte Stampfen von angemessenem Gewicht zu verwenden.

§ 7,1. Die einzelnen Betonschichten müssen tunlichst frisch auf frisch verarbeitet werden, auf alle Fälle ist die Oberfläche der älteren Schicht aufzurauen.

2. Beim Weiterbau auf erhärtetem Beton muss die alte Oberfläche aufgeraut, sauber abgekehrt, angehäst und unmittelbar vor Aufbringen neuer Betonmasse mit einem dünnen Zementbrei eingeschlämmt werden.

§ 8. Bei der Herstellung von Wänden und Pfeilern in mehrgeschossigen Gebäuden darf mit der Ausführung in dem höheren Geschoss erst nach ausreichender Erhärtung dieser Bauteile in den darunter liegenden Geschossen begonnen werden. Von der Fortsetzung der Arbeiten im höheren Geschoss ist der Baupolizeibehörde mindestens drei Tage vorher Nachricht zu geben.

§ 9,1. Bei Frostwetter darf nur in solchen Fällen gearbeitet werden, wo schädliche Einwirkungen des Frostes durch geeignete Massnahmen ausgeschlossen sind. Gefrorene Baustoffe dürfen nicht verwendet werden.

2. Nach längeren Frostzeiten (§ 11) darf beim Eintritt milderer Witterung die Arbeit erst wieder aufgenommen werden, nachdem die Zustimmung der Baupolizeibehörde dazu eingeholt ist.

§ 10,1. Bis zur genügenden Erhärtung des Betons sind die Bauteile gegen die Einwirkungen des Frostes und gegen vorzeitiges Austrocknen zu schützen, sowie vor Erschütterungen und Belastungen zu bewahren.

§ 11. Ueber den Gang der Arbeiten ist ein Tagebuch zu führen und auf der Baustelle stets zur Einsichtnahme bereit zu halten. Frosttage sind darin unter Angabe der Kältegrade und der Stunde ihrer Messung besonders zu vermerken“.

Aus den „Leitsätzen“ sei noch folgendes hervorgehoben:

Damit dem Beton das zur Erhärtung nötige Wasser nicht vorzeitig entzogen wird, müssen Sonnenschein und Wind in den ersten Tagen möglichst abgehalten werden (Belassen in der Schalung, Bedecken mit einer Sandschicht, mit Säcken, Brettern und dergl.); zeitweises Annässen ist erforderlich.

(Annässen von ungeschütztem, frischem Beton, welcher durch die Sonne stark erwärmt ist, wirkt schädlich.)

Ueber die Beaufsichtigung und Prüfung der Bauausführung besagen die Leitsätze:

„A. Beaufsichtigung und Prüfung während der Ausführung.

In der Regel muss sich die Beaufsichtigung und Prüfung erstrecken: 1. auf die sachgemässe und den Abmessungen des Baukörpers entsprechende Ausführung der Schalung und Stützung; 2. auf die richtige Bereitung des Betongemenges und der Betonmasse; 3. auf richtiges Einlegen und Stampfen; 4. auf die Feststellung, dass mit der verarbeiteten Betonmasse die erforderliche bezw. gewährleistete Festigkeit erzielt wird.

Die Feststellung kann durch Druckversuche mit Probekörpern erfolgen.

(Hierbei ist zu beachten, dass im Bauwerk die Festigkeit der Probewürfel im allgemeinen nicht voll erreicht wird.)

Die fortgesetzte Herstellung von Probewürfeln mit nachfolgendem Druckversuch ist auch ein bewährtes Mittel zur Prüfung der Einhaltung des richtigen Mischungsverhältnisses und der richtigen Mischdauer. Auch der Unternehmer kann nur durch beständige Proben seine eigene Arbeit kennen lernen.

Ueber die Anfertigung der Probewürfel sind vom „Deutschen Beton-Verein“ ebenfalls Bestimmungen zusammengestellt. Danach sollen zur Herstellung der Probekörper eiserne Würfelformen<sup>1)</sup> von 30 cm Seitenlänge benutzt werden. Ein geeigneter Normalstamper von 12 kg Gewicht ist in Fig. 12c dargestellt.<sup>2)</sup> Die Probekörper sollen an einem vor Regen, Zugluft, Kälte und strahlender Wärme geschützten Orte hergestellt werden. Für jede Versuchsreihe sind möglichst 3 Körper herzustellen. Die Druckproben sind in der Regel nach 28 Tagen vorzunehmen. Empfohlen wird die Würfel in derjenigen Richtung zu prüfen, in welcher der Beton im Bauteil selbst hauptsächlich beansprucht wird. Die zur Verwendung kommenden Maschinen sollen auf ihre Richtigkeit geprüft und mit Einrichtungen versehen sein (Doppelmanometer usw.), welche fehlerhafte Veränderungen sofort erkennen lassen. Auch die amtlichen Material-Prüfungsanstalten übernehmen die Ausführung solcher Prüfungen.

„B. Prüfung nach Beendigung der Ausführung.

In der Regel muss sich die Prüfung erstrecken:

1. auf die Feststellung ausreichender Erhärtung der Bauteile vor ihrer Ausrüstung;
2. auf die Feststellung, ob sämtliche Bauteile nach der Ausrüstung unversehrt sind;
3. auf die Feststellung, dass die erforderlichen Stärken vorhanden sind;
4. unter Umständen auf die Feststellung der Tragfähigkeit durch Vornahme von Belastungsproben.

Derartige Proben sind stets vorzunehmen, wenn begründeter Verdacht vorliegt, dass Bauteile nicht einwandfrei hergestellt, oder dass sie durch Einflüsse irgend welcher Art in ihrer Tragfähigkeit beeinträchtigt sind.

Die Belastungsproben dürfen erst stattfinden, wenn der Eintritt ausreichender Erhärtung des Betons vorausgesetzt werden kann“.

Aus den „Bestimmungen“ sind noch folgende die Prüfung und Abnahme behandelnden Absätze hervorzuheben:

§ 4,2. „Die für die Prüfung bestimmten Betonkörper müssen Würfelform von 30 cm Seite erhalten. Die Probekörper sind mit der Bezeichnung des Anfertigungstages zu versehen, durch ein Siegel zu kennzeichnen und bis zu ihrer Erhärtung nach Anweisung der Baupolizeibehörde aufzubewahren.

§ 12,1. Bei der Abnahme müssen die Bauteile an verschiedenen von dem abnehmenden Beamten zu bestimmenden Stellen freiliegen, so dass die Art der Ausführung zu erkennen ist. Auch bleibt es vorbehalten, die einwandfreie Her-

<sup>1)</sup> Formen, Geräte und Maschinen für Festigkeitsuntersuchungen liefert z. B. das Chemische Laboratorium für Tonindustrie, Berlin NW. 21, Dreysestr. 4.

<sup>2)</sup> Formen, Normalstamper und zugehörige Geräte liefert auch die Firma Oscar A. Richter in Dresden, Güterbahnhofstr. 8.

stellung, den erreichten Erhärtingsgrad und die Tragfähigkeit durch besondere Versuche festzustellen.

2. Bestehen über das Mischungsverhältnis und den Erhärtingsgrad begründete Zweifel, so können Proben aus den fertigen Bauteilen zur Prüfung entnommen werden.

3. Werden Probelastungen für nötig erachtet, so sind diese nach Angabe des abnehmenden Beamten vorzunehmen. Dem Bauherrn und dem Unternehmer wird rechtzeitig davon Kenntnis gegeben und die Beteiligung anheimgestellt. Probelastungen sollen erst nach 45 tägiger Erhärting des Betons vorgenommen und auf den nach Ermessen der Baupolizeibehörde unbedingt notwendigen Umfang beschränkt werden.

4. Bei der Probelastung von Deckenplatten und Balken ist folgendermassen zu verfahren. Bei Belastung eines ganzen Deckenfeldes soll, wenn mit  $g$  das Eigengewicht und mit  $p$  die gleichmässig verteilte Nutzlast bezeichnet wird, die Auflast den Wert von  $0,5 g + 1,5 p$  nicht übersteigen. Bei höheren Nutzlasten als  $1000 \text{ kg/qm}$  können Ermässigungen bis zur einfachen Nutzlast eintreten. Soll nur ein Streifen des Deckenfeldes zur Probe belastet werden, so ist die Auflast in der Deckenmitte gleichmässig auf einem Streifen zu verteilen, dessen Länge gleich der Spannweite und dessen Breite ein Drittel der Spannweite, mindestens aber  $1 \text{ m}$  ist. Die Auflast soll hierbei den Wert  $g + 2 p$  nicht übersteigen. Als Eigenlast gelten die sämtlichen zur Herstellung der Decken und Fussböden bestimmten Bauteile, als Nutzlasten die in § 16 Ziffer 3 aufgeführten erhöhten Werte.

5. Bei Probelastungen von Stützen ist ein ungleichmässiges Setzen der Bauteile und eine das zulässige Mass überschreitende Belastung des Untergrundes zu verhüten.

**Eigenschaften.** Wie schon oben hervorgehoben, wird für Eisenbetonausführungen fast immer weicher Beton mit etwas grösserem Wasserzusatz als bei erdfeuchtem verwandt, weil sich hier leichter so viel Zement um das Eisen ablagern kann, dass dasselbe vollständig davon eingehüllt und so sicher gegen Rost geschützt ist. Aus diesem Grunde darf auch die im Mörtel enthaltene Zementmenge nicht zu gering sein, abgesehen von der notwendigen Festigkeit, die der Beton erhalten soll. Das Mischungsverhältnis nach Raumteilen beträgt für den Mörtel daher in der Regel mindestens  $1 : 3$ , wozu beim Beton Zuschläge von Kies oder Kleinschlag bis zu gleichen Teilen wie Sand kommen. Beton in dieser Mischung pflegt bei Probewürfeln von  $30 \text{ cm}$  Seite eine Druckfestigkeit (Würfelfestigkeit) von  $180$  bis  $200 \text{ kg/qcm}$  zu besitzen. Meist ist die Festigkeit des Betons wenigstens in den ersten Zeiten der Erhärting noch etwas grösser als die des zu ihm verwandten Mörtels ohne Zuschläge. Flache Körper zeigen eine grössere Druckfestigkeit als hohe, bei denen oft bei Prüfungen eine Zerstörung durch Abscheren in schrägen Flächen eintritt, was bei Eisenbetonkonstruktionen jedoch durch die Eiseneinlagen verhindert wird.

Wie beim Zementmörtel nimmt auch beim Beton die Festigkeit mit der Zeit erheblich zu, so dass beispielsweise die Druckfestigkeit nach zwei Jahren meist mehr als doppelt so gross ist als nach vier Wochen. So zeigte nach R. Dyckerhoff Beton im Mischungsverhältnis nach Raumteilen von  $1$  Zement :

3 Sand : 4,5 Porphyr nach 4 Wochen, 13 Wochen, 1 Jahr, 2 Jahren eine Druckfestigkeit von :

225                      266                      356                      460 kg/qcm.

Der zum Beton verwandte Mörtel enthielt 11 % Wasser.

Beim Bau der Donaubrücke bei Munderkingen veranstaltete und später fortgesetzte Proben mit Würfeln aus weichem Beton von 20 cm Seite zeigten bei einem Mischungsverhältnis von 1 Zement : 2,5 Sand und 5 Schotter in Raumteilen eine Druckfestigkeit:

nach 7 Tagen, 28 Tagen, 5 Monaten, 2 Jahren 8 Monaten, 9 Jahren  
von 202                      254                      332                      520                      570 kg/qm.

Die Zugfestigkeit des Betons ist in der Regel etwas geringer als diejenige eines Mörtels gleicher Mischung ohne gröbere Zuschläge. Plastischer Beton aus 1 Teil Portlandzement und 3 Teilen Kiessand (3 Sand von 0 bis 5 mm und 2 Kies von 5 bis 20 mm Korngrösse) zeigte z. B. nach zwei Jahren eine Zugfestigkeit von 15,5 kg/qcm. Bei einer Mischung von 1 Raumteil Portlandzement und 4 Raumteilen Kiessand erhielt man nach drei Monaten eine Zugfestigkeit von 8,8 kg/qcm.

Bei Eisenbetonkonstruktionen soll in den Berechnungen die Zugfestigkeit des Betons in der Regel nicht berücksichtigt werden. Die „Bestimmungen“ schreiben hierüber vor:

§ 15,2. „Die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Körpers sind unter der Annahme zu berechnen, dass sich die Ausdehnungen wie die Abstände von der Nulllinie verhalten, und dass die Eiseneinlagen sämtliche Zugkräfte aufzunehmen vermögen“.

In bezug auf die Druckfestigkeit des Betons ist ferner gesagt:

§ 16,1. „Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen soll die Druckspannung des Betons den sechsten Teil seiner Druckfestigkeit nicht übersteigen.“

4. In Stützen darf der Beton mit nicht mehr als einem Zehntel seiner Druckfestigkeit beansprucht werden“.

Die Schubfestigkeit beträgt bei den bei Eisenbetonausführungen meist zur Verwendung gelangenden Betonmischungen meist 25 bis 36 kg/qcm. Sie ist bei fetteren Mischungen allgemein bedeutend grösser als bei mageren. Die amtlichen „Bestimmungen“ ordnen in bezug auf die zulässige Schubspannung folgendes an:

§ 16,5. „Die Schubspannung des Betons darf das Mass von 4,5 kg/qcm nicht überschreiten. Wird grössere Schubfestigkeit nachgewiesen, so darf die auftretende Spannung nicht über ein Fünftel dieser Festigkeit hinausgehen“.

Die Elastizität des Betons ist von verschiedenen Forschern untersucht worden. Die Ergebnisse weichen oft sehr voneinander ab. Durchschnittlich kann man den Elastizitätskoeffizienten zu 135000 bis 150000 annehmen.

Die „Bestimmungen“ fordern:

§ 15,1. „Das Elastizitätsmass des Eisens ist zu dem Fünfzehnfachen von dem des Betons anzunehmen, wenn nicht ein anderes Elastizitätsmass nachgewiesen wird“.

Hiernach wäre zu setzen:

Elastizitätsmass für	Schweisseisen 2 000 000	Flusseisen 2 1500 000	Flussstahl 2 200 000
Elastizitätsmass für	Beton 133 000	Beton 143 000	Beton 147 000

Auch die Haftfestigkeit des Betons am Eisen ist ziemlich verschieden ermittelt worden. Im allgemeinen fand man, dass die Haftfestigkeit bei rauher Oberfläche des eingebetteten Eisens grösser ist als bei glatter, bei langsambindendem Zement grösser als bei schnellbindendem, bei fetten Mischungen grösser als bei mageren, in bezug auf den Wasserzusatz zum Beton am grössten bei plastischem Beton. Auch die Form des Querschnitts des eingebetteten Eisens scheint eine Rolle zu spielen. So fand man beispielsweise bei amerikanischen Versuchen:

Stabquerschnitt	Haftfestigkeit kg/qcm
Flacheisen 25,4/6,5 mm	20,5
Quadrat Eisen 6,5/6,5 mm	25,8
Quadrat Eisen 12,5/12,5 mm	30,2
Rundeisen 12,5 mm $\varnothing$	35,8

Bauschinger ermittelte eine Haftfestigkeit von 40 kg/qcm, das französische Leuchtturm- und Seezeichenamt 20 bis 48 kg/qcm, Tedesco 20 bis 25 kg/qcm, während Professor E. Mörsch bei Versuchen, die für die Firma Wayss & Freytag im Jahre 1904 angestellt wurden, bei 10 %, 12,5 % und 15 % Wasserzusatz eine Haftfestigkeit von 48,8, 31,2 und 29,1 kg/qcm ermittelte bei Beton im Mischungsverhältnis von 1 : 4 und mit einem Alter von 4 Wochen.

Die Haftfestigkeit ist für Mörtel grösser als für Beton und nimmt ebenso wie die anderen Festigkeiten mit dem Alter zu. Bach fand, dass die Haftfestigkeit für das qcm mit zunehmender Länge des einbetonierten Eisens abnimmt.

Versuche mit Schlackenzementen haben eine ziemlich veränderliche Haftfestigkeit ergeben.

Die „Bestimmungen“ fordern:

§ 16,6. „Die Haftspannung darf die zulässige Schubspannung nicht überschreiten“.

Der Temperaturendeckungskoeffizient des Betons ist nahezu gleich dem des Eisens, nämlich für 1° C. für Beton = 0,00001370, für Stabeisen 0,00001235. Es kommt noch hinzu, dass der umhüllende Beton als verhältnismässig schlechter Wärmeleiter verhindert, dass das Eisen eine andere Temperatur als jener annimmt. Der Zusammenhang beider Stoffe wird daher auch bei plötzlichem, schroffem Wärmewechsel nicht gestört. Auch bei Bränden und Feuerproben fand eine Loslösung des Betons vom Eisen nicht statt.

Auch der Beton allein zeigt gegen Temperaturwechsel ziemliche Unempfindlichkeit. Probestücke, die 6 bis 7 Stunden der Rotglut ausgesetzt waren, zeigten nur eine Festigkeitsabnahme von 30 %. Ebenso wirkt Kälte auf erhärteten Beton nicht schädlich ein.

Die Raumveränderungen, die Beton beim Trocknen und bei Wasseraufnahme zeigt, sind nur gering. Bei den meisten Arbeiten kann man der Bildung von Rissen durch die Konstruktion, z. B. durch die Anordnung von Ausdehnungsfugen, vorbeugen.

Um Wasserdichtigkeit beim Beton zu erzielen, muss wasserdichter Mörtel verwandt werden (also mindestens 1:2,5), und ausserdem müssen die Hohlräume des Zuschlags vollständig mit Mörtel ausgefüllt sein, der ferner die einzelnen Steine völlig einschliessen muss. Der festere Beton zeigt sich in der Regel auch dichter als der weniger feste. Mörtel aus feinem Sande geben leicht undichten Beton. Im übrigen pflegen im Anfang nicht ganz dichte Konstruktionen aus geeignetem Material und richtiger Mischung bald dicht zu werden.

### Das Eisen.

**Darstellung.** Das Eisen kommt in der Natur, ausser in Form von Meteoriten, das heisst Resten untergegangener Weltkörper, nie rein vor, sondern stets mit anderen Stoffen und wegen seiner grossen chemischen Verwandtschaft mit dem Sauerstoff namentlich mit diesem verbunden in den Eisenerzen vor, aus denen es durch den Hochofenbetrieb in flüssiger Form als Roheisen gewonnen wird. Dem in geeigneter Weise vorbereiteten Erzgemisch werden Gesteine als „Zuschläge“ beigemischt, die so gewählt sind, dass sie mit den erdigen oder steinigen Beimengungen und Verunreinigungen der Erze, der „Gangart“, eine leichtflüssige Schlacke bilden. Letztere hüllt das herabtropfende, flüssige Eisen ein und bedeckt es, wenn es sich im unteren Teil des Hochofens ansammelt, und schützt es so vor der Wiedervereinigung mit dem Sauerstoff des eingeblasenen „Windes“. Die Schlacke findet als Nebenerzeugnis des Hochofenbetriebes verschiedene Verwendung, je nach ihrer Zusammensetzung, z. B. als granulierter Schlackensand, zu Schlackensteinen, zur Herstellung von Schlackenzement oder Eisenportlandzement.

**Arten.** Weder das aus dem Hochofen erhaltene Roheisen noch die anderen aus diesem durch verschiedene Umwandlungsprozesse erhaltenen Eisensorten bestehen aus chemisch reinem Eisen. Solches findet in der Technik überhaupt keine Verwendung, sondern das Eisen ist stets gemischt oder legiert mit geringen oder grösseren Mengen anderer Elemente, z. B. Silizium, Phosphor, Schwefel, Mangan und besonders stets mit Kohlenstoff. Die Mengen des letzteren und die Form, in welcher er dem Eisen beigemischt ist, geben diesem sehr verschiedene Eigenschaften, so dass man hauptsächlich nach Art und Menge des vorhandenen Kohlenstoffs das Eisen in verschiedene Sorten einteilt. Im flüssigen Eisen ist der Kohlenstoff stets gleichmässig aufgelöst und mit dem Eisen legiert. Wir nennen ihn dann Härtungskohle. Der Kohlenstoff bleibt in diesem Zustande, wenn das Eisen aus dem flüssigen Zustande plötzlich erstarrt. Geht die Erstarrung und die weitere Abkühlung ganz langsam vor sich, so scheidet sich ein Teil des Kohlenstoffs bei etwa 1100 ° als Graphit kristallinisch zwischen den Eisenteilchen ab und verleiht dem Eisen eine mehr oder minder graue Farbe. Bei weiterer langsamer Abkühlung scheidet sich bei ungefähr 700 ° C. sogen. Eisenkarbid, d. h. eine Verbindung von Eisen und Kohlenstoff, aus. Wird Eisen, welches an Härtungskohle reich ist, anhaltend auf helle Glühhitze erhalten, so

scheidet sich zwischen den Eisenteilchen noch Kohlenstoff in einer vierten Form aus, nämlich in nicht kristallisierter (amorpher) Form als sogen. Temperkohle.

Man unterscheidet:

I. Roheisen. Dasselbe enthält meist 5 und mehr Prozent fremde Stoffe, darunter 2,3 und mehr Prozent Kohlenstoff. Es schmilzt schon bei verhältnismässig niedriger Temperatur (etwa 1075 bis 1275 °C.). Da es beim Erhitzen unmittelbar aus dem festen Zustande in den flüssigen übergeht, lässt es sich nicht schmieden. Roheisen ist mit schmiedbarem Eisen verglichen im allgemeinen spröde.

Die Art des vorhandenen Kohlenstoffes bedingt folgende Unterabteilungen:

a) Weisses Roheisen. Es hat eine weisse Farbe auf der frischen Bruchfläche, ist daher hart und spröde und enthält sämtlichen Kohlenstoff in sich als Härtungskohle gelöst. Es dient hauptsächlich zur Herstellung des schmiedbaren Eisens, ist manganhaltig und bildet die obere Schicht des sogen. Hartgusses.

b) Graues Roheisen. Es hat hellgraue bis schwarze Farbe, ist weicher und zäher als das weisse Roheisen und enthält einen grossen Teil seines Kohlenstoffes als Graphit ausgeschieden. Es findet hauptsächlich in der Eisengiesserei Verwendung und ist stets siliziumhaltig.

c) Halbirtetes Roheisen. Der Kohlenstoff ist nur zum geringen Teil als Graphit ausgeschieden, so dass das Aussehen auf der frischen Bruchfläche grau- und weissgesprenkelt ist.

II. Schmiedbares Eisen. Es enthält 1,6 % oder weniger Kohlenstoff, wird erst bei höherer Temperatur flüssig und ist, da es vor dem Uebergang in den flüssigen Zustand allmählich erweicht, schmiedbar und schweisbar. Die an fremden Stoffen ärmeren Sorten ertragen auch bei gewöhnlicher Temperatur Formveränderungen, sie sind dehnbar.

(Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt von 1,6 bis 2,3 % wird nicht dargestellt, da es in der Technik keine Verwendung findet.)

Je nachdem das schmiedbare Eisen härtbar ist oder nicht, teilt man es ein in Stahl und Schmiedeeisen.

a) Stahl. Er erlangt, in glühendem Zustande plötzlich, z. B. durch Eintauchen in Wasser, abgekühlt, eine sehr grosse Härte, die Glashärte, die man durch nachfolgendes Erwärmen (Anlassen) bis zur ursprünglichen Härte herab beliebig mildern kann. Stahl schmilzt bei einer Temperatur von 1400 bis 1500 °C.

b) Schmiedeeisen. Dieses ist nicht mehr deutlich härtbar, an und für sich weicher als Stahl und schmilzt erst bei einer Temperatur von über 1500 bis etwa 1900 °C.

In der Regel unterscheiden sich Stahl und Schmiedeeisen ebenfalls durch ihren Kohlenstoffgehalt, indem ersterer einen Kohlenstoffgehalt von 1,6 bis 0,6 %, letzteres einen solchen von 0,6 bis 0,05 % besitzt. Doch ist dies kein strenges Kennzeichen, da sehr kohlenstoffarme, schmiedbare Eisensorten die Eigenschaft der Härtbarkeit auch durch einen grösseren Gehalt an Mangan, Silizium, Wolfram, Chrom und dergl. erlangen können. Ueberhaupt besteht keine scharfe Grenze zwischen Stahl und Schmiedeeisen, da auch gewisse Sorten des letzteren härter sind und sich etwas härten lassen.

Wegen dieser Unsicherheit ist die Haupteinteilung des schmiedbaren Eisens nach der Härtebarkeit desselben aufgegeben worden, und man teilt es heute ein nach der Art seiner Entstehung. Die Umwandlung des Roheisens in schmiedbares Eisen beruht in der Entziehung eines Teiles der beigemischten fremden Stoffe, namentlich des Kohlenstoffes. Bei diesen Umwandlungsverfahren erhält man das schmiedbare Eisen entweder in flüssiger Form wie beim Bessemer- und Thomasprozess und beim Martinprozess, oder es schmilzt nur das umzuwandelnde Roheisen und die sich bildende Schlacke, während das entstehende schmiedbare Eisen wegen seines höher liegenden Schmelzpunktes bei der vorhandenen Temperatur sich nur in Form erweichter Teilchen aussondert, welche dann zu „Luppen“ zusammenschweissen wie früher beim „Herdfrischen“ und jetzt beim „Flammofenfrischen“ oder „Puddeln“. Die Einteilung ist daher jetzt:

a) Schweisseisen. Es wird im nichtflüssigen, aber stark erweichten Zustande in Form einzelner zusammenschweissender Eisenkörner erhalten. Daher ist es nicht immer gleichmässig in seiner Zusammensetzung und schlackenhaltig. Die kohlenstoffreicheren und deshalb härteren und deutlich härtbaren Sorten heissen Schweisstahl.

b) Flusseisen. Es wird in flüssigem Zustande erhalten. Daher ist es gleichmässig in seiner Zusammensetzung und schlackenfrei. Die kohlenstoffreicheren und deshalb härteren und deutlich härtbaren Sorten heissen Flussstahl.

Von besonderen Eisensorten mögen noch erwähnt sein der schmiedbare Eisenguss, der Zementstahl, der Raffinier- oder Gärbstahl und der Tiegelflussstahl.

Schmiedbaren Eisenguss erhält man, indem aus weissem Roheisen gegossene, dünnwandige Gegenstände dem Tempern oder Glühfrischen ausgesetzt werden. Sie werden hierbei mehrere Tage lang in eisernen Töpfen oder gemauerten Behältern in Roteisensteinpulver gepackt auf Rotglut erhitzt, wodurch der Kohlenstoffgehalt bis auf den des schmiedbaren Eisens herabgemindert wird, so dass das Eisen weicher und zäher wird und sich zur Not schmieden lässt. — Das dem Glühfrischen ausgesetzte stahlartige Eisen, welches man durch Zusammenschmelzen von Roh- und schmiedbarem Eisen im Kupofofen erhält, heisst nach der Entkohlung „Temperstahl“.

Ebenso wie man kohlenstoffreichem Eisen einen Teil seines Kohlenstoffes entziehen und es so in Stahl oder Schmiedeeisen umwandeln kann, kann man auch Stahl erhalten, indem man reinem, weichem, kohlenstoffarmem Schmiedeeisen weiteren Kohlenstoff zuführt. Dies Verfahren, „Zementieren“ genannt, besteht darin, dass man die Eisenstäbe in steinernen Kisten in Holzkohlenpulver packt und etwa eine Woche lang bei einer Temperatur von etwa 1000 °C. glüht, wobei die Kohlenstoffmoleküle allmählich in das Innere des Eisens wandern, ähnlich wie Feuchtigkeit in einen trockenen Schwamm einzieht. Das auf diese Weise hergestellte Erzeugnis führt den Namen „Zementstahl“.

Da das Schweisseisen noch Schlackeneinschlüsse enthält und der Kohlenstoffgehalt in demselben nicht gleichmässig ist, wird dasselbe durch Schweissen oder bei Stahl durch Umschmelzen weiter bearbeitet. Beim Schweissen werden die Luppenstäbe paketiirt, d. h. eine Anzahl derselben wird zu einem Paket

oder einer „Garbe“ vereinigt, erhitzt und unter Dampfhämmern oder Walzen die flüssige Schlacke so viel wie möglich herausgepresst. Dabei verteilt sich der Kohlenstoff zugleich von selber gleichmässig durch die ganze Masse. Das Erzeugnis führt den Namen „Raffinier- oder Gärbstahl“. Trotz grosser Sorgfalt ist man nie ganz sicher, dass sich in dem Produkt nicht noch Reste von Schlacke und damit unfeste Stellen vorfinden.

Von solchen Schlackeneinschlüssen vollständig befreit wird Stahl durch Umschmelzen. Er führt dann den Namen Tiegelflussstahl und wird hauptsächlich zu Schneidewerkzeugen, jedoch auch zu Kanonen, Glocken usw. verwandt.

**Eigenschaften und Formgebung.** Verschiedene dem Eisen zufällig oder absichtlich beigemischte Stoffe üben auf die Eigenschaften desselben einen grossen Einfluss aus. Die Wirkung des Kohlenstoffes in dieser Hinsicht ist oben bereits hervorgehoben. Es sei noch erwähnt, dass ein Gehalt des Eisens an Mangan die Legierungsfähigkeit des Kohlenstoffes mit dem Eisen steigert. Weisses Roheisen ist daher immer manganhaltig. Beträgt der Mangangehalt 5 bis 20 %, so erhält das weisse Roheisen eine grobblättrig-kristallinische Bruchfläche und heisst dann Spiegeleisen. Eisenmangane sind Legierungen von Eisen mit mehr als 30 % Mangan. Sie finden bei der Herstellung von Flusseisen bezw. Flussstahl Verwendung.

Silizium wirkt im Eisen umgekehrt wie Mangan, da es die Graphitabscheidung begünstigt. Das graue Roheisen ist daher auch immer siliziumhaltig.

Phosphor vergrössert die Härte des Eisens, macht es aber leicht kaltbrüchig, d. h. sehr empfindlich und unhaltbar gegenüber Erschütterungen und Stössen bei gewöhnlicher Temperatur. — Ein sehr geringer Gehalt an Phosphor wird dem Eisen oft für Kunstguss absichtlich gegeben, da derselbe das Eisen sehr dünnflüssig macht, so dass die Formen gut und scharf ausgefüllt werden.

Schwefel macht das Eisen rotbrüchig, d. h. unhaltbar bei Erhöhung der Temperatur auf dunkle Rotglut. Auch durch Kupfer wird Rotbruch erzeugt, wenn auch in weit geringerem Masse als durch Schwefel.

Faulbrüchiges Eisen enthält noch zu viel Schlacke und ist bei jeder Temperatur unhaltbar.

Chrom, Wolfram u. a. erhöhen beträchtlich die Härte des Eisens.

Weisses Roheisen ist sehr hart und spröde, wird leichter flüssig als das weichere graue Roheisen, ist aber zähflüssig und daher zu Gusswaren nicht geeignet. Letztere werden aus grauem Roheisen hergestellt, das zwar erst bei etwas höherer Temperatur flüssig wird, dann aber dünnflüssig ist. Für Giessereizwecke umgeschmolzen führt das graue Roheisen den Namen Gusseisen. Dieses ist kristallinisch-körnig, hart und spröde, besitzt eine grosse Druckfestigkeit, aber nur geringe Zug- und Scherfestigkeit. Fenster, Gitter, Rohre, Unterlagsplatten, zentrisch belastete Stützen und Säulen u. dergl. werden daraus hergestellt. Gusseisen widersteht bei einem Schadenfeuer ziemlich gut höheren Hitzegraden; ist aber gegen plötzliche Abkühlung durch Spritzwasser sehr empfindlich. Gusseisen rostet schwerer als die anderen Eisensorten. Sein spez. Gewicht ist 7,25.

Die Formgebung geschieht durch Herdformerei, Kastenformerei, Masse- und Lehmformerei oder durch Benutzung eiserner Formen.

Bei der Herdformerei werden die Modelle in den auf dem Boden der Giesshalle ausgebreiteten Sand, der etwas feucht und mit Steinkohlenpulver durchmischt ist, eingedrückt. Auf diese Weise werden z. B. einfache, gusseiserne Fenster hergestellt.

Durch Kastenguss erzeugt man bessere Gegenstände oder solche mit verwickelteren Formen.

Beim Giessen mit Flusseisen besteht die Form aus Masse, d. h. einem Gemisch aus Schamotte mit ungebranntem, fettem, feuerfestem Ton. Sie muss vor der Verwendung durch scharfes Trocknen für die sich beim Giessen entwickelnden Gase durchlässig gemacht werden. Die Oberfläche wird zum Schutze gegen Anbrennen mit einer Aufschwemmung von Ton- und Graphitpulver in Wasser bestrichen.

Bei der Schablonenformerei benutzt man ein Gemisch von Lehm mit Sand, Pferdedünger, Spreu u. dergl., welches nach Herstellung der Form scharf gebrannt wird. Glocken u. dergl. werden auf diese Weise hergestellt.

Beim freien Formen werden Lehmformen ohne Benutzung von Modellen oder Schablonen unmittelbar nach der Zeichnung ausgeführt. Formen für verwickelt gestaltete Maschinenteile, für grosse Behälter u. dergl. werden auf diese Weise ausgeführt.

Bei Herstellung von Hartguss giesst man Eisen von bestimmter Zusammensetzung in eiserne Formen. Das Eisen wird hierbei durch die gute Wärmeleitung der Form an der Oberfläche schnell abgekühlt und erstarrt hier zu weissem Roheisen von sehr grosser Härte und Widerstandsfähigkeit. Nach dem Inneren des Gussstückes zu geht das weisse Roheisen allmählich in graues über, so dass dem ganzen Stück eine gewisse Zähigkeit verbleibt. Aus Hartguss werden viele Teile der Zerkleinerungsmaschinen hergestellt, die bei der Zement-, Mörtel- und Betonbereitung Verwendung finden, so z. B. die Brechbacken der Steinbrecher, die Walzen von Walzenmühlen, die Stirnplatten von Kugelmühlen, sowie die Bodenplatten und Läufer von Kollergängen usw.

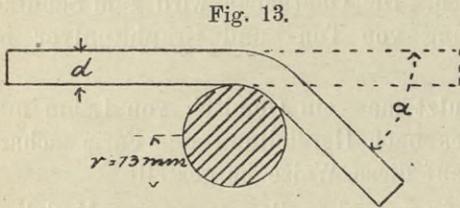
Schweisseisen hat eine lichtgraue Farbe und meist ein sehniges Gefüge. Es ist schmiedbar und sehr gut schweisbar. Sein spez. Gewicht beträgt 7,8. Seine Bruchfestigkeit ist im allgemeinen geringer als die des Flusseisens, welches auf der Bruchfläche hellgrau und gleichmässig feinkörnig ist, sich ebenfalls gut schmieden, aber weniger gut schweissen lässt und ein spez. Gewicht von 7,85 besitzt.

Dem schmiedbaren Eisen wird die gewünschte Form bei Herstellung von Gebrauchsgegenständen durch Druck in erweichtem Zustande bei hoher Temperatur erteilt und zwar zwischen Hammer und Amboss, in Pressen oder zwischen Walzen. Während Bleche zwischen glatten Walzen ausgewälzt werden, finden kalibrierte Walzen zur Herstellung von Stabeisen (Quadrat-, Rund-, Flach-, Band-eisen u. dergl.) sowie von Profileisen (┘-, ┘-, ┘-, ┘-Eisen, Eisenbahnschienen usw.) Verwendung. Drahtwalzwerke dienen zur Herstellung von Draht bis herab zu 4 bis 5 mm Durchmesser, während Röhrenwalzwerke zum Zusammenschweissen engerer schmiedeeiserner Röhren dienen. Durch schräg zueinander gestellte Kegelwalzen werden die Mannesmannrohre in einem Stück, also ohne Schweissnaht gewälzt.

In bezug auf die notwendigen Eigenschaften der Haupteisensorten schreiben die „Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau“ unter anderem folgendes vor:

Schweisseisen. Das Eisen soll dicht, gut stauch- und schweisbar, weder kalt- noch rotbrüchig, noch langrissig sein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenrisse noch offene Schweissnähte oder sonstige unganze Stellen haben.

Bei Zerreißproben von Flacheisen und Formeisen (Winkel-, Rund-, Vierkant- und Trägereisen;  $\perp$ -,  $\square$ -,  $\lrcorner$ -,  $\top$ - und ähnlichen Walzeisen) soll die Zugfestigkeit in der Längsrichtung für eine Dicke von unter 10 bis einschl. 25 mm mindestens 36 bis 34 kg/qmm und die Dehnung bis zum Bruche mindestens 12 % betragen.



Bei der Biegeprobe müssen Längsstreifen von Flacheisen, Formeisen und Blechen über eine Rundung von 13 mm Halbmesser winkelförmig gebogen werden

können, ohne dass sich an der Biegungsstelle ein Bruch im Eisen zeigt. Der Winkel  $\alpha$ , welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt in Graden (Fig. 13):

$\alpha = 50^\circ$	bei Eisendicken $d = 8$ bis $11$ mm,
$\alpha = 35^\circ$	„ „ $d = 12$ bis $15$ mm,
$\alpha = 25^\circ$	„ „ $d = 16$ bis $20$ mm,
$\alpha = 15^\circ$	„ „ $d = 21$ bis $25$ mm,

für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande:

$\alpha = 120^\circ$	bei Eisendicken $d =$ bis $25$ mm,
$\alpha = 90^\circ$	„ „ $d =$ über $25$ mm.

Bei Ausbreitproben muss ein auf kaltem Wege abgetrennter 30 bis 50 mm breiter Streifen eines Winkeleisens, Flacheisens oder Bleches im rotwarmen Zustande mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das  $1\frac{1}{2}$  fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren einer Trennung im Eisen zu zeigen.

Flusseisen. Das Flusseisen soll eine glatte Oberfläche ohne Schiefer und Blasen zeigen und darf weder Kantenrisse noch unganze Stellen haben.

Bei der Zerreißprobe soll für Material von 7 bis 28 mm Dicke die Zugfestigkeit in der Längsrichtung mindestens 37, höchstens 44 kg/qmm und die Dehnung mindestens 20 % betragen.

Flussstahl. Die aus Flussstahl herzustellenden gegossenen oder geschmiedeten Teile (Auflagerteile oder dergl.) sollen eine Festigkeit von 45 bis 60 kg/qmm und eine Dehnung von mindestens 10 % aufweisen.

Gusseisen. Die aus Gusseisen bestehenden Teile müssen, wenn nicht Hartguss oder andere Eisensorten ausdrücklich vorgeschrieben sind, aus grauem, weichem Eisen sauber und fehlerfrei hergestellt sein.

Die Zugfestigkeit soll bei Gusseisen mindestens 12 kg/qmm betragen.

Es muss möglich sein, mittels eines gegen eine rechtwinkelige Kante des Gussstückes mit dem Hammer geführten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne dass die Kante abspringt.

Der Unterschied der Wanddicken eines Querschnittes, der überall mindestens den vorgeschriebenen Flächeninhalt haben muss, darf bei Säulen bis zu 400 mm mittlerem Durchmesser und 4 m Länge die Grösse von 5 mm nicht überschreiten. Bei Säulen von grösserem Durchmesser und grösserer Länge wird der zulässige Unterschied für je 100 mm Mehrdurchmesser und für je 1 m Mehrlänge um je  $\frac{1}{2}$  mm erhöht.

Die Wanddicke soll jedoch in keinem Falle weniger als 10 mm betragen.

### Elastizitäts- und Festigkeitszahlen.

Eisensorte	Elastizitätsmodul kg/qcm	Proportionalitätsgrenze kg/qcm	Festigkeit für		
			Zug kg/qcm	Druck kg/qcm	Biegung kg/qcm
Gusseisen	750 000	—	1200	7000	—
	bis 1 050 000		bis 1800	bis 8000	
Schweisseisen	2 000 000	1300—1700	3600	3600	3700
Flusseisen	2 150 000	2000—2400	4000	4000	3600
Flussstahl	2 200 000	2500—5000	6000	6000	6000
			bis 10 000	bis 10 000	

### Zulässige Beanspruchungen.

Eisensorte	Zug kg/qcm	Druck kg/qcm	Schub kg/qcm
Gusseisen	250	500	200
Schweisseisen	750—1000	750—1000	600—750
Flusseisen	875 1000	875—1000	—750
Eisendraht	1200	—	—

Letztgenannte Zahlen gelten nach den Vorschriften des preuss. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten, sowie der Berliner Baupolizei. Dabei gelten die grösseren Werte für Konstruktionen ohne Erschütterungen und starke Belastungswechsel, bei genauer Berechnung und Prüfung des Eisens vor der Abnahme.

In dem „Deutschen Normalprofil-Buch für Walzeisen“ (6. Auflage, 1904) wird über die zulässige Beanspruchung gesagt:

„Unter Berücksichtigung der bedeutenden Fortschritte, welche das Hüttenwesen in den letzten Jahren gemacht hat, empfiehlt die Kommission, dass bei Hochbaukonstruktionen, welche nennenswerten Erschütterungen nicht ausgesetzt sind, statt der auf Grund alter Bestimmungen vielfach noch vorgeschriebenen grössten zulässigen Spannung von 750 kg/qcm eine solche von 1000 kg/qcm bei Schweisseisen und von 1200 kg/qcm bei Flusseisen zugelassen werde“.

Das preuss. Ministerium der öffentlichen Arbeiten schreibt ferner für Bahnsteighallen und Dachbinder der preuss. Staatsbahnen vor:

„Bei Bauteilen, deren Querschnitt durch Eigengewicht und Schneedruck allein bestimmt wird, ist bei Annahme von 75 kg/qm Schneedruck für Flusseisen 1200 kg/qcm als grösste Beanspruchung zuzulassen und für Schweisseisen 12 v. H. weniger.

Bei Bauteilen, die durch Eigengewicht, Schneedruck und Winddruck (diesen zu 150 kg/qm winkelrecht zur getroffenen Fläche angenommen) beansprucht werden, ist für Flusseisen bis 1600 kg/qcm und für Schweisseisen 10 v. H. weniger zuzulassen.

Die Berechnung gedrückter Teile auf Knickfestigkeit nach der Eulerschen Formel soll mit mindestens vierfacher Sicherheit erfolgen.

Niete: Zulässige Scherspannung höchstens 1000 kg/qcm, zulässiger Lochleibungsdruck höchstens 2000 kg/qcm“.

### Eiseneinlagen im Eisenbeton.

Die Eiseneinlagen bestehen meist aus Flusseisen, doch findet auch Schweisseisen und in selteneren Fällen auch weicherer Flussstahl Verwendung. Da die Preise für Schweisseisen und Flusseisen in der Regel ziemlich gleich sind, bietet das letztere wegen seiner grösseren Reinheit und Gleichmässigkeit, verbunden mit grösserer Festigkeit, Vorteile gegenüber dem Schweisseisen. Weichere Stahlsorten anzuwenden, die noch grössere Festigkeit besitzen, aber auch teurer sind, hat nur Zweck, wenn auch zu gleicher Zeit Beton von sehr hoher Festigkeit Verwendung findet. Aus weichem Stahl besteht z. B. das von dem Amerikaner Golding erfundene Streckmetall; Schlaghauben für Eisenbetonpfähle sind oft aus Gussstahl gefertigt. Gusseisen findet als eigentliche Einlage wegen seiner geringen Festigkeit namentlich gegen Zugbeanspruchungen keine Verwendung. Dagegen dienen gusseiserne mit Beton ummantelte Säulen oft zur Unterstützung von Eisenbetondecken, die zwischen  $\perp$ -Trägern konstruiert sind.

Zulässige Spannungen des Eisens. Ueber die „zulässigen Spannungen des Eisens“ sagen die „Bestimmungen“ nur:

§ 16,1. „Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen soll die Zug- und Druckspannung des Eisens den Betrag von 1000 kg/qcm nicht übersteigen.

4. Bei Berechnung der Eiseneinlagen (in Stützen) auf Knicken ist fünf-fache Sicherheit nachzuweisen“.

Weiter oben wurde ausserdem schon erwähnt, dass das Elastizitätsmass des Eisens zu dem Fünfzehnfachen von dem des Betons anzunehmen ist, wenn nicht ein anderes Elastizitätsmass nachgewiesen wird, dass bei Biegung sich die Spannungen wie die Abstände von der Nulllinie verhalten, und dass sämtliche Zugkräfte von den Eiseneinlagen aufgenommen werden können.

Querschnitt. Am häufigsten kommen die Einlagen als Stäbe mit rundem Querschnitt von 5 bis 45 mm Durchmesser zur Verwendung in gerader oder gebogener Form, wie z. B. bei den Bauweisen Monier, Hennebique, Wayss usw. Aber auch alle möglichen anderen Querschnittsformen werden angewandt wie Bandeseisen, Flacheisen, Blechstreifen, Stäbe von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt, Walzprofile der verschiedensten Form und Grösse von kleinen  $\perp$ - und  $\perp$ -Eisen bis zu den stärksten  $\perp$ -Trägern. Oft finden dünne Drähte aus geglühtem und auf diese Weise weich und geschmeidig gemachtem Eisendraht

zur Verbindung von sich kreuzenden Stäben Verwendung, so z. B. bei der Monierbauweise zur Verbindung der Trag- und Verteilungsstäbe (T und V, Fig. 14). Auch der Stoss zweier Stäbe wird vielfach dadurch hergestellt, dass diese eine gewisse Strecke übereinander greifen und an dieser Stelle durch Um-

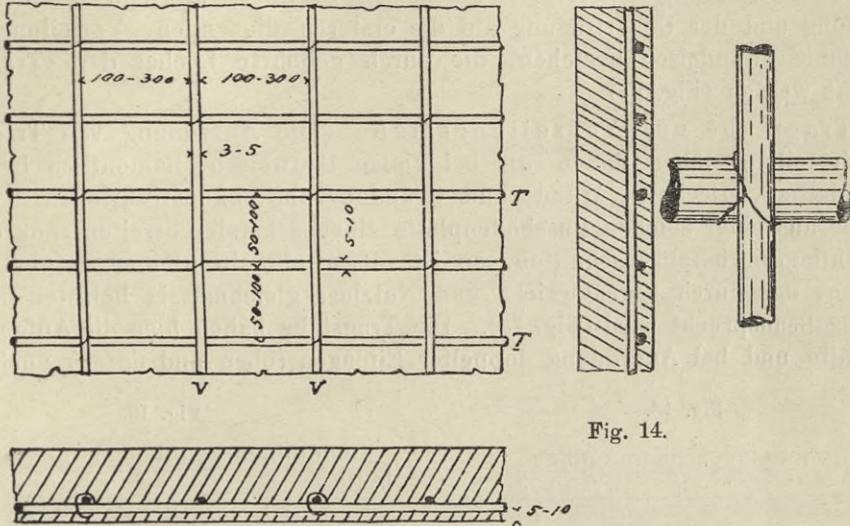


Fig. 14.

Bauweise Monier.

wicklung mit dünnem Draht miteinander verbunden werden (Fig. 15). In den letztgenannten beiden und ähnlichen Fällen haben diese dünnen Verbindungsdrähte durchaus nicht den Zweck eine zur Aufnahme oder Uebertragung irgend welcher Kräfte geeignete Vereinigung der durch sie aneinander gehefteten Teile herbeizuführen, sondern sie sollen diese Teile nur vor und bis zur stattgehabten Umhüllung mit Beton in dem richtigen gegenseitigen Abstand bzw. in der richtigen Lage zu den Umgrenzungslinien des ganzen Eisenbetonkörpers erhalten.

Fig. 15.

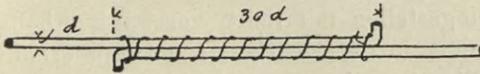


Fig. 16.

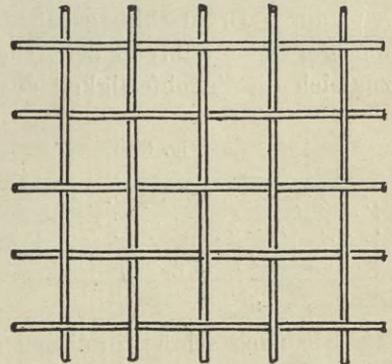
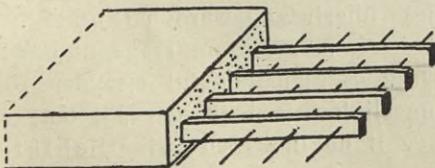


Fig. 17.



Bauweise Hyatt.

Bauweise Cottancin.

Gewebe und Gitterwerk. Aus Draht werden auch gefertigte Gewebe als Einlagen verwandt, die entweder im Handel fertig in den verschiedensten

Abmessungen und Drahtstärken zu haben sind, wie die Gewebe der Rabitzbauweise, der Bauweise Cottancin (Fig. 16) u. a., oder die auf einem Gerüstboden hergestellt werden. Netzwerk- oder gitterartige Einlagen werden auch auf andere Weise gebildet. Bei der Bauweise Hyatt werden z. B. die eigentlichen Tragstäbe aus hochkantig eingelegten Flacheisen gebildet, während die der Lastverteilung und der Uebertragung auf die ersteren dienenden „Verteilungsstäbe“ aus dünnen Rundeisen bestehen, die durch gebohrte Löcher der „Tragstäbe“ gesteckt werden (Fig. 17).

Tragstäbe und Verteilungsstäbe. Die Anordnung von Tragstäben und Verteilungsstäben finden wir bei vielen Bauweisen, namentlich bei Fussbodenplatten-, Decken-, Wand- und Gründungsplattenkonstruktionen. Denken wir uns aus einer solchen Fussbodenplatte einen schmalen Streifen senkrecht zu den Auflagern herausgeschnitten, so ist dieser als ein kleiner Träger zu betrachten, der durch Eigengewicht und Nutzlast gleichmässig belastet und auf Biegung beansprucht wird (Fig. 18). Die Tragstäbe haben hier die Aufgabe, die Zugkräfte und bei Anordnung doppelter Einlagen (oben und unten) auch einen

Fig. 18.

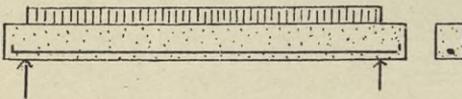
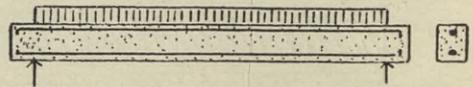


Fig. 19.



Teil der Druckkräfte aufzunehmen (Fig. 19). Sie werden daher möglichst nahe der unteren bzw. oberen Kante und, um die geringste Spannweite zu erzielen, gleichlaufend mit der kürzeren Seite eines rechtwinkligen Deckenfeldes angeordnet. Ihre Stärke richtet sich nach der Grösse der auftretenden Kräfte; ist also abhängig von ihrer gegenseitigen Entfernung. Wird es nötig, die Tragstäbe bei grösseren Längen zu stossen, so soll dieser Stoss an einer Stelle stattfinden, wo die inneren Kräfte, also auch das Biegemoment, möglichst gering sind.

Die Verteilungsstäbe haben den Zweck, die Last auf die Tragstäbe übertragen zu helfen. Sie haben meist einen geringeren Querschnitt als die letzteren, liegen bei unteren Einlagen (s. Fig. 14) über, bei oberen Einlagen unter diesen, sind durch Drahtschlingen an den Kreuzungsstellen mit ihnen vereinigt, erhalten die Tragstäbe während der Arbeitsausführung in der richtigen Lage und erhöhen zugleich die Schubfestigkeit des ganzen Eisenbetonkörpers. Oft fehlen sie ganz.

Fig. 20.



Dann müssen eben die Belastungen und Kräfte der zwischen den Tragstäben liegenden Streifen durch den Beton allein auf diese übertragen werden (Fig. 20).

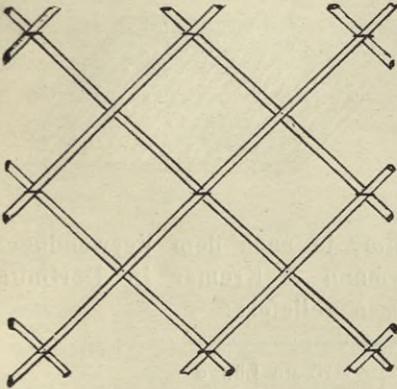
Nicht immer liegen Trag- und Verteilungsstäbe gleichlaufend mit den Umgrenzungslinien rechteckiger Platten; oft sind sie auch schräg zu diesen gerichtet, wie z. B. bei der Bauweise Schlüter (Fig. 21). Es werden dann die Lasten nicht nur auf zwei, sondern auf alle vier Seiten des Rechtecks übertragen.

Schräg gerichtete Verteilungsstäbe enthalten die Bauweisen von Donath und Müller. Bei diesen bestehen die Verteilungsstäbe aus hochkant gestellten

Flacheisen, die Trageisen aus ebensolchen oder aus kleinen  $\perp$ -Eisen u. dergl. (Fig. 22 und 23).

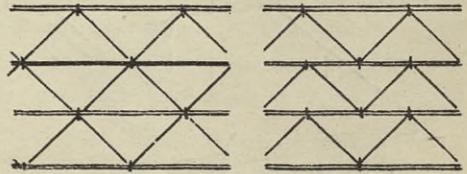
Bei anderen Bauweisen haben die das Netzwerk bildenden Drähte noch mannigfachere Richtungen. So laufen bei der Bauweise Matrai nach unten

Fig. 21.



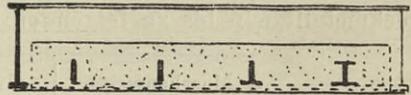
Bauweise Schlüter.

Fig. 22.



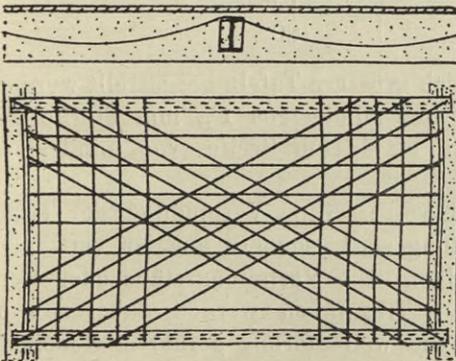
Bauweise Donath und Müller.

Fig. 23.



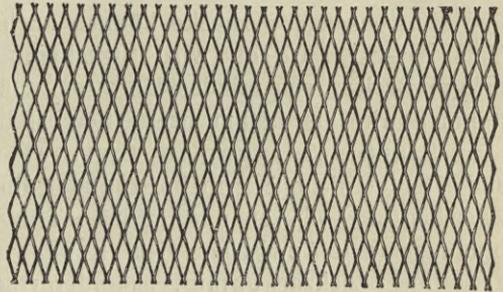
durchhängende Drähte, die an den Umfangsseiten der Deckenfelder befestigt sind, sowohl parallel zu diesen Seiten als auch in diagonaler Richtung (Fig. 24 und 25).

Fig. 24 und 25.



Bauweise Matrai.

Fig. 26.



**Streckmetall.** Eine ein Gitterwerk bildende Einlage wird auch durch das von dem Amerikaner J. F. Golding erfundene und diesem patentierte Streckmetall gebildet, dessen alleiniges Erzeugungs- und Verkaufsrecht für Deutschland und die deutschen Kolonien der Maschinenfabrik Schüchtermann & Kremer in Dortmund übertragen ist (Fig. 26, 27 und 27a). Das Streckmetall besteht aus mechanisch mit parallelen Einschnitten versehenen und gleichzeitig senkrecht zur Schnittrichtung zu einer Art Gitter- oder Netzwerk mit rautenförmigen Maschen und schrägstehenden Litzen auseinander gestrecktem Blech. Durch diesen Prozess erhält das Blech, ohne jeden Abfall an Material, eine sehr grosse Oberfläche. Die Länge der Bleche wird durch die Streckung 2 bis 12mal grösser als ursprünglich, je nach der Grösse der zu bildenden Maschen und der

Stärke der Litzen. Die Breite der Bleche bleibt nach der Streckung dieselbe wie vorher. Das in der Praxis am meisten für diese Zwecke verwendete Material ist weicher Stahl. Das Streckmetall wird in Tafeln von sehr grosser Länge und in einer Maximalbreite von 2,40 m erzeugt. Die Maschenweiten betragen 6 bis

Fig. 27.

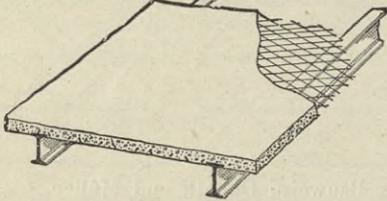
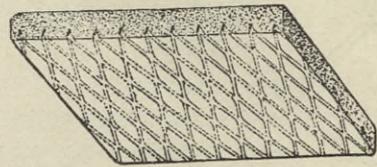


Fig. 27a.



150 mm, die Litzenstärken  $2 \times 0,6$  bis  $8 \times 5$  mm, je nach dem Verwendungszweck. Es werden von der Fabrik Schüchtermann & Kremer in Dortmund Streckmetalltafeln bis zu folgenden Maximalgrössen geliefert:

Maschenweite mm	Grösste Breite m	Grösste Länge m
6	2,4	2
10	2,4	2,5
20	2,4	5
40	2,4	8
75	2,4	10
150	2,4	20

Für besondere Zwecke können auch noch grössere Tafeln hergestellt werden. Vom August 1907 ab wird Streckmetall von mindestens  $1\frac{1}{2}$  mm Stärke bis 3,75 m Breite, von mindestens 2 mm Stärke bis 4,00 m Breite, von mindestens 3 mm Stärke bis 4,80 m Breite hergestellt.

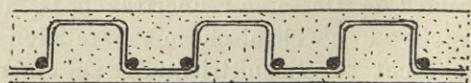
Platteneinlagen in vertikaler Ebene. Eine Verbindung der Tragstäbe findet nicht nur in horizontaler Richtung statt, sondern auch in vertikaler zwischen den oberen und unteren Tragstäben. Die Verteilungsstäbe oder Verbindungsglieder zwischen den Haupt- oder Tragstäben werden dabei sowohl geradlinig, zickzackförmig, mäanderartig, wie wellenförmig geführt. Gebogene oder wellenförmige Verbindungsglieder finden wir z. B. bei den Bauweisen Cottancin, Dégon usw. (Fig. 28), zickzackförmige bei der Bauweise Coignet, mäanderartige bei der Bauweise Chaudy (Fig. 29), einfach geradlinige bei den Bauweisen Chaudy, Walser-Gérard, Luipold usw.

Fig. 28.



Bauweise Dégon.

Fig. 29.



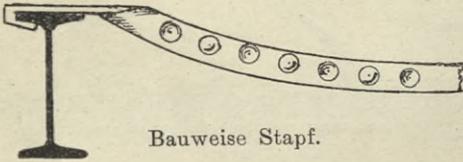
Bauweise Chaudy.

Ausser Rundeisen und Drähten finden auch alle möglichen Walzprofile als Einlagen Verwendung. Flacheisen verwenden, wie schon oben erwähnt, die Bau-

weisen Hyatt, Müller und Donath, schwache  $\perp$ -Eisen die Bauweisen Wünsch, Donath,  $\perp$ -Eisen die Bauweise Holzer. Stärkere Walzträger finden in vielen Beton- und Eisenbetondecken usw. mannigfache Verwendung.

Besondere Einlageeisen. Oft werden die Einlageeisen mit vorspringenden Teilen versehen, um die Haftfestigkeit des Betons an denselben zu vergrößern und noch sicherer eine Verschiebung der Eisen im Beton zu verhindern. Hierher gehören z. B. die mit kreisförmigen Ausbuchtungen versehenen Flacheisen der Bauweise Stapf (Fig. 30), die in kaltem Zustande spiralförmig gedrehten Quadrateisen der Bauweise Ransome (Fig. 31 und 32),

Fig. 30.



Bauweise Stapf.

Fig. 31 und 32.



Bauweise Ransome.

die ebenso, aber in warmem Zustande, gedrehten Flacheisen der Bauweise Habrich (Fig. 33), Eisenstäbe mit s-förmigem Querschnitt der Bauweise Donath usw. (Fig. 34).

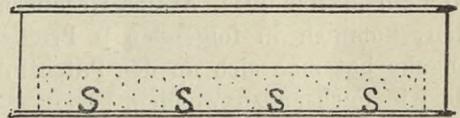
Bei anderen Bauweisen hat man besondere Profile gewalzt, die dasselbe wie oben bezwecken. Namentlich sind in Amerika zahlreiche derartige Einlage-

Fig. 33.



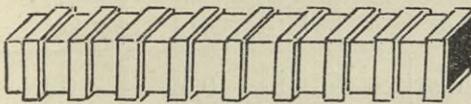
Bauweise Habrich.

Fig. 34.



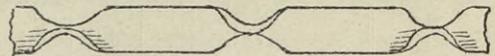
Bauweise Donath.

Fig. 35.



Johnson-Eisen.

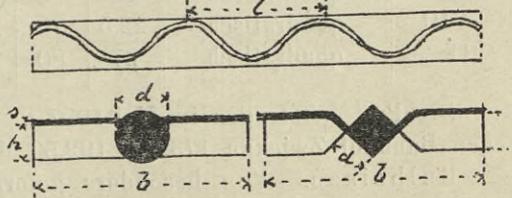
Fig. 36.



De Mans Patent-Eisen.

eisen in Aufnahme gekommen. Wir nennen von diesen: Quadrateisen mit rechteckigen nach allen Seiten vorspringenden Verdickungen nach verschiedenen Anordnungen, z. B. die „Johnson corrugated Steelbars“ der St. Louis Expanded Metal Fire-Proofing Company in St. Louis (Fig. 35), Flacheisen mit von Zeit zu Zeit wellenförmig umgebogenen Stellen nach „De Mans Patent“ (Fig. 36), Welleneisen nach Doucas, bei denen an Rund- oder Quadrateisen wellenförmige Ränder gewalzt sind

Fig. 37, 38 und 39.

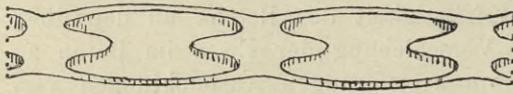


Welleneisen Patent Doucas.

(Fig. 37 bis 39), Eiseneinlagen nach Kahn aus auf die Kante gestellten Quadrateisen mit seitlich angewalzten, flachen Rippen bestehend (Fig. 42 und 43), die

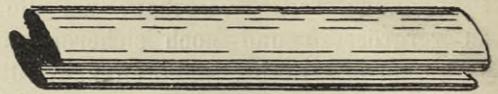
Thachereisen aus Rundeisen mit eigenartig gestalteten flachen Verbreiterungen (Fig. 40), die Einlageeisen von Golding (Fig. 41) usw. Bei den Kahn-

Fig. 40.



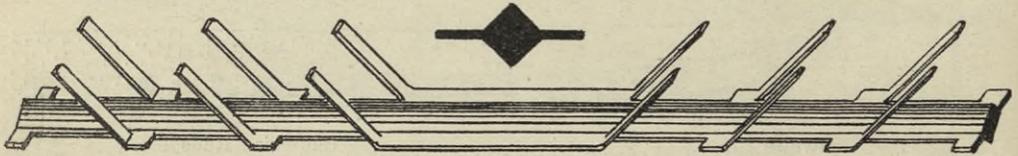
Thacher-Eisen.

Fig. 41.



Golding-Eisen.

Fig. 42 und 43.



Kahn-Eisen.

eisen (Fig. 42 und 43) sind die seitlichen flachen Rippen teilweise aufgeschnitten und schräg nach aufwärts gebogen, so dass sie zur Aufnahme der Schubkräfte geeignet sind und die Anordnung von Bügeln, von denen weiter unten die Rede sein soll, überflüssig machen.

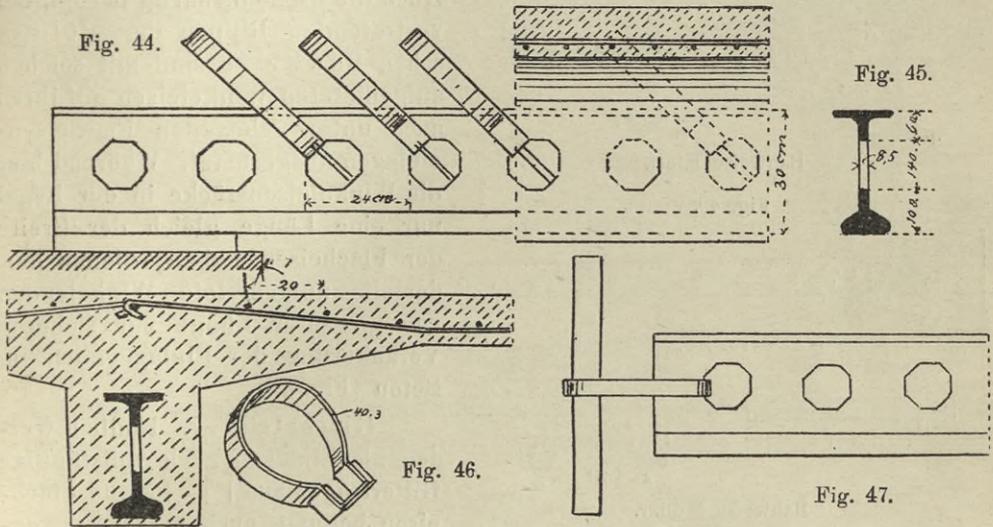
Die Welleneisen nach Patent Doucas (D. R. P. Nr. 157837), die von der Königin Marienhütte, Aktien-Gesellschaft, in Cainsdorf in Sachsen gefertigt werden, kommen in folgenden 9 Profilen in den Handel. Bezüglich der Lizenzabgabe hat man sich an den Patentinhaber, Herrn Oberingenieur Doucas in Cainsdorf in Sachsen zu wenden.

Profil-Nr.	Querschnitt der Mittelrippe	Abmessungen in mm					Querschnitt in qcm	Gewicht in kg/m
		d	b	o	h	l		
I	oval	4/6	30	1,25	4	20	0,52	0,41
II	rund	6	30	1,25	4	20	0,58	0,46
III	rund	8	30	1,25	4	20	0,78	0,62
IV	rund	10	40	1,50	8	36	1,24	0,99
V	rund	12	40	1,50	8	40	1,55	1,23
VI	quadratisch	13,5	60	1,75	13	60	2,53	2,01
VII	quadratisch	18	65	1,75	18	80	3,93	3,12
VIII	quadratisch	22,5	70	2,00	20	100	5,83	4,63
IX	quadratisch	27	80	2,00	20	100	8,12	6,41

Die Preise betragen im Mai 1907 in nicht fixen, grossen Längen frei Bahnhöfen Bahnhof Zwickau 173 bis 192,50 Mk. für 1000 kg je nach Profilvernummer.

Bulbeisen. Von besonders geformten Einlageeisen grösseren Kalibers seien noch die Bulbeisen, System Pohlmann, genannt, die sich für weitgespannte Eisenbetondecken mit ebener Oberfläche besonders eignen. Die Bulbeisen, für welche Steffens & Nölle, Berlin NW. 7, Weidendamm 1a, Inhaber der Patentrechte sind, haben ein ähnliches Profil wie die zu Schiffsbauzwecken ge-

bräuchlichen  $\Gamma$ -Wulsteisen mit einem oberen geraden Flansch und einem unteren Wulst. Im Steg befinden sich ziemlich dicht nebeneinander angeordnete achteckige Ausschnitte, welche einerseits eine bedeutende Materialersparnis im Vergleich zu gewöhnlichen  $\Gamma$ -Trägern herbeiführen, andererseits zur bequemen Anbringung von Ankern an den Enden sowie von Bügeln an beliebigen Stellen dienen (Fig. 44 bis 47.)



Bulb-Eisen.

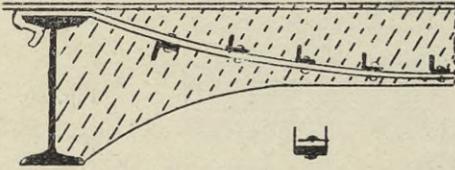
Die Bulbeisen finden auch Verwendung zur Armierung grosser Beton-Fundamentplatten, die entweder grosse Stützendrücke auf das Erdreich übertragen sollen oder bei sehr schlechtem Baugrunde die Fundamentverbreiterung ohne Zwischenstufen gestatten. Es wird dabei ein Rost von Bulbeisen in der Zugzone der Betonplatte verlegt, und durch die Lochungen der Bulbeisen werden in der Querrichtung kleinere  $\Gamma$ -Profile oder alte Eisenbahnschienen gesteckt. Bei Anwendung von Bulbeisen ist die Sicherheit gegen Verschiebung in der Betonmasse um deshalb eine sehr grosse, weil letztere die Träger nicht nur einhüllt, sondern völlig in den Durchlochungen durchdringt. Auch die Bügel sind unverrückbar an ihren Platz gebannt. Bulbeisen kommen in folgenden drei Grössen zur Verwendung:

Profil-Nr.	Gewicht kg/m	Widerstandsmoment		Unterer Zugquerschnitt qcm
		$W_o = \frac{J}{e_o}$ cm <sup>3</sup>	$W_u = \frac{J}{e_u}$ cm <sup>3</sup>	
C	39	380	160	25,3
D	44	600	240	38,2
E	61	982	400	55,6

Aufgenietete Winkeleisen. Eine andere Art der Sicherung gegen ein Gleiten im Beton finden die Eiseneinlagen durch aufgenietete Winkeleisen. Die

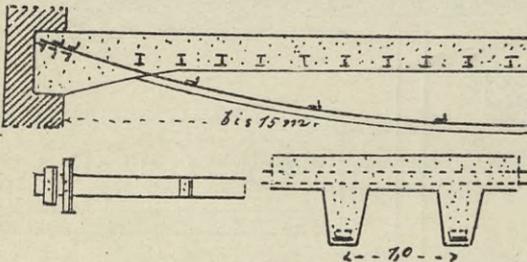
voutenförmige Deckenplatte der „Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, A.-G. (vormals Klett) in Nürnberg“ enthält z. B. nach unten durchgebogene Einlageeisen aus flachliegenden Blechstreifen oder Flacheisen bestehend, die auf ihrer ganzen Länge in gewissen Abständen

Fig. 48.



Bauweise Klett.

Fig. 49.



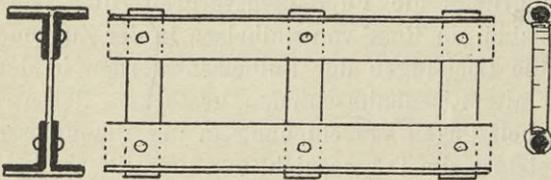
Bauweise Möller.

mit aufgenieteten Winkeleisenstücken versehen sind (Fig. 48.) Auch die fischbauchartig nach unten vortretenden Rippen der Möllerschen Bauweise sind mit solchen aufgenieteten Winkeleisen auf ihren nach unten gebogenen Flacheisen-einlagen ausgerüstet. Während hier die Winkeleisenstücke in der Regel nur eine Länge gleich der Breite der Flacheisen haben, dienen beiderseits aufgenietete Winkelenden von grösserer Länge zur sicheren Verankerung der Einlageenden im Beton (Fig. 49).

Gitterträger. Endlich werden als Einlagen auch vollständige Gitterträger aus L-, T- und Flacheisen benutzt, auch unter Verwendung von Rundeisen.

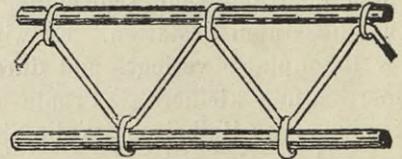
Die einzelnen Teile werden zusammengenietet oder auch nur durch Drahtschlingen aneinander befestigt (Fig. 50 und 51.) Solche Träger

Fig. 50.



Bauweise Chaudy.

Fig. 51.



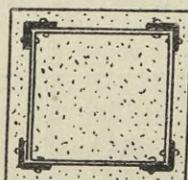
Bauweise Coignet.

haben dann oft den Zweck, die Last der Schalung und der Decken schon während der Ausführung zu tragen.

Fig. 52.



Fig. 53.



Gitterträger werden auch aus Eisenbeton hergestellt und zwar an Ort und Stelle der Verwendung oder auch in der Werkstatt wie z. B. die Visintini-Träger.

Auch bei Stützen finden aus Profileisen zusammengenietete Konstruktionen viel Verwendung sowohl als Einlage einer Eisenbetonkonstruktion als auch als eigentliche tragende Stütze, wobei die Betonumstampfung oder -umhüllung nur Rost- und Feuerschutz gewähren soll (Fig. 52 und 53).

Eisenkonstruktionen mit nachträglicher Betonumhüllung. Gauze Eisenkonstruktionen, z. B. Brücken, sind bisweilen nachträglich mit Eisenbeton oder Beton umhüllt worden, teils zur Erhöhung ihrer Tragfähigkeit, teils zum Schutze gegen Rost und gegen die Angriffe von Rauch- und anderen Gasen, zur Erhöhung der Feuersicherheit sowie zur Ersparung der beständigen Kosten für die Erneuerung des Schutzanstriches.

**Bügel.** Eine besondere Art von Einlagen bilden noch die Bügel, welche die unteren oder die unteren und oberen Einlagen umfassen und aus Band-, gebogenen Flach-eisen oder Rundeisen bestehen. Die Bügel haben den Zweck, die Schubkräfte aufzunehmen. Mit den von ihnen umfassten Stäben sind sie in der Regel nicht besonders verbunden, während ihre Enden zur besseren Haftung in der Druckzone des Betons meist klauenartig umgebogen sind. Wir wollen

Fig. 54.

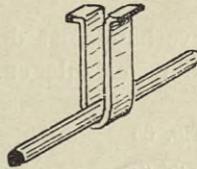


Fig. 55.

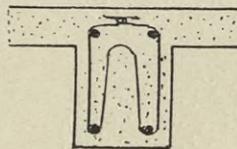


Fig. 56.



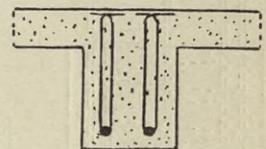
Bügel nach Hennebique.

Fig. 57.



Bügel nach Dégon.

Fig. 58.



Bügel nach Boussiron.

Fig. 59.

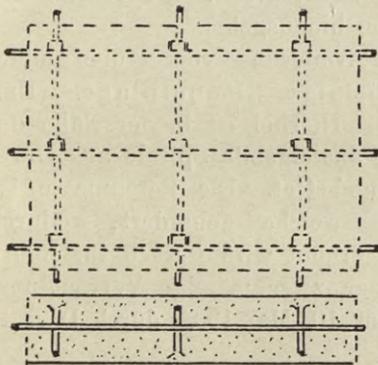


Fig. 60. Wand nach Hennebique.

Fig. 61.

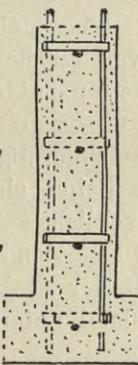


Fig. 62.

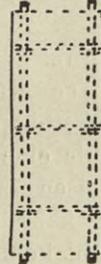


Fig. 63.

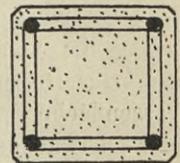
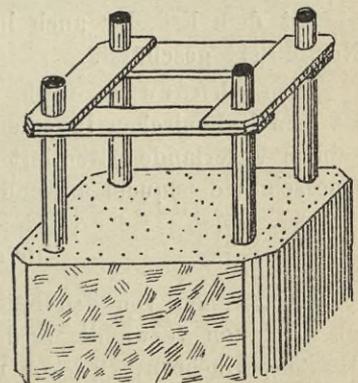


Fig. 64.



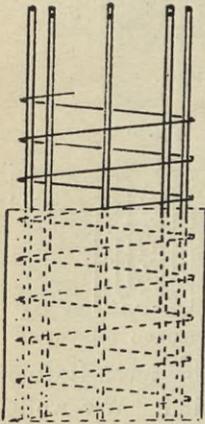
hier zunächst die Bügel der Hennebiquebauweise erwähnen (Fig. 54 bis 58.)

Einlagen in Mauern und Stützen. Auch bei Mauern werden derartige Bügel angewandt. Im übrigen kommen bei ihnen dieselben Einlagen wie bei Deckenkonstruktionen vor (Fig. 59 bis 61.) Hier ebenso wie bei Stützen und Pfählen finden Rundeisen gleichfalls die häufigste Verwendung als Einlage. Die einzelnen Rundeisen sind in bestimmten Entfernungen durch dünnere Rundeisen oder Drähte verbunden (Fig. 62 und 63.) Bei den Hennebiquesäulen und -stützen

geschah diese Querverbindung früher auch durch durchbohrte und mit ihren Löchern auf die Rundeisenstäbe gesteckte Eisenbleche oder Flacheisen (Fig. 64). Ueber die gegenseitige Entfernung dieser Querverbindungen sagen die „Bestimmungen“:

§ 15,6. „Durch Querverbände ist der Abstand der eingelegten Eisenstäbe unveränderlich gegeneinander festzulegen. Der Abstand dieser Querverbände

Fig. 67.



Spiralumschnürung nach Considère.

Fig. 65.

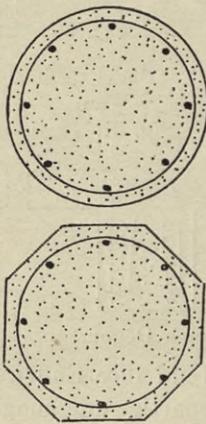
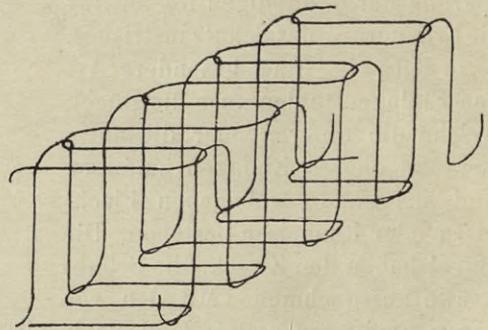


Fig. 66.

Fig. 68.



Umschnürung nach Maciachini.

muss annähernd der kleinsten Abmessung der Stütze entsprechen, darf aber nicht über das Dreissigfache der Stärke der Längsstäbe hinausgehen“.

**Spiralumschnürung.** Eine vorzügliche Armierung von Säulen bildet ferner die von Considère erfundene spiralförmige Eiseneinlage. (Umschnürter Beton. *Béton fretté*.) (Fig. 65 bis 67). Hierbei ist in der Nähe der Aussenfläche der Betonsäule eine schraubenförmig ansteigende Spirale aus Draht oder schwächerem Rundeisen in den Beton eingebettet. Die Betonmasse ist durch diese Umschnürung überall am seitlichen Ausweichen gehindert, wodurch die Festigkeit und Tragfähigkeit ganz bedeutend erhöht wird. Auch für Rohre mit hohem Innendruck findet diese Art der Einlage zweckmässige Verwendung. Sie ist dem Erfinder auch in Deutschland unterm 10. Mai 1902 durch D. R. P. Nr. 149944 geschützt.

**Umschnürung nach Maciachini.** Eine andere Art der Umschnürung ist dem italienischen Ingenieur A. Maciachini in Mailand im Jahre 1904 in seinem Vaterlande patentiert. Dieselbe lässt sich für Säulen der verschiedensten Querschnitte bequem anwenden (Fig. 68).

### Zurichtung der Eiseneinlagen.

Abgesehen von den Fällen, in welchen zusammengenietete Konstruktionen als Einlagen verwandt werden, wie z. B. Gitterträger oder Fachwerkträger bei Decken, Dächern, Brücken usw., oder aus Profileisen zusammengenietete Konstruktionen bei Säulen, Pfeilern, Spundbohlen, Ramppfählen u. dergl., und bei denen die Herstellung und Zusammennietung zweckmässig soviel wie möglich gleich in der Werkstatt erfolgt, erstreckt sich die Zurichtung der ja meist aus

Rundeisen, Draht, Flach- oder Bandeisen bestehenden Einlagen auf sehr einfache Arbeiten, die zum grössten Teil wenigstens auf dem Bauplatz vorgenommen werden können.

Bei den Einzeleinlagen aus Rundeisen u. dergl. erstrecken sich diese Arbeiten hauptsächlich auf das Abhauen oder Zuschneiden auf richtige Länge, auf das Zurechtbiegen nach bestimmten Kurven oder nach gebrochenen Linien und auf das Durchbiegen oder Aufklauen der Enden.

So viel wie irgend möglich lässt man die Stäbe schon nach richtigem Mass anliefern. Wird ein Zurechthauen oder Abschneiden auf bestimmte Länge nötig, so geschieht dies durch Abhauen mit einem Meissel oder durch Abschneiden mittels einer Blechschere oder Drahtzange. Für grössere Arbeiten oder stärkere Querschnitte werden grössere Hebelscheren u. dergl. an geeigneter Stelle des Bauplatzes auf einem Gestell oder auf einer sonstigen festen Unterlage befestigt.

Die Herstellung bestimmter Bogenformen oder das Knicken der Stäbe geschieht bei geringen Querschnitten oft aus freier Hand. Leicht nach unten durchgebogene Formen nehmen dünnere Stäbe oft schon von selbst an, indem sie durch die Wirkung ihres Eigengewichts in der gewünschten Bogenform nach unten durchhängen. Es ist dann bisweilen nur notwendig, sie bis zur Umstumpfung mit Beton an einzelnen Punkten zu unterstützen. Auch die Aufbringung der Verteilungsstäbe und ihre Verknüpfung mit den Tragstäben mittels Drahtschlingen trägt oft schon viel dazu bei, die Stäbe in ihrer richtigen Lage zu erhalten. Bei etwas stärkeren Querschnitten nimmt man das Zurechtbiegen auf einem besonderen Rüstboden vor, wobei eingeschlagene starke Stifte oder Bolzen die Lehre für die gewünschte Form abgeben (Fig. 69 und 70). Lässt

Fig. 69.

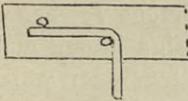
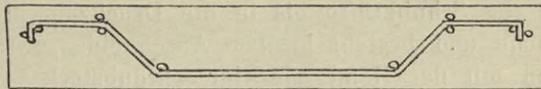


Fig. 70.



sich das Biegen nicht mehr mit der Hand ausführen, so benutzt man kleine Schraubenpressen oder besondere Biegemaschinen, namentlich bei starken Quer-

Fig. 71 bis 74.

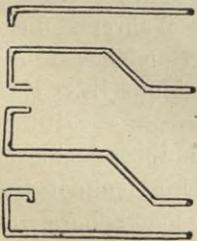


Fig. 75.

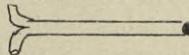
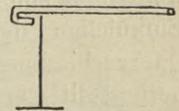


Fig. 76.



schnitten oder in den Fällen, in welchen einer sehr grossen Anzahl von Stäben die gleiche Form zu erteilen ist.

Auch die Enden der Stäbe sind meist besonders vorzubereiten. Meist werden sie wie bei der Hennebiquebauweise zur sicheren Verankerung im Beton rechtwinklig oder in anderen Formen umgebogen (Fig. 71 bis 74). In anderen Fällen werden zu demselben Zwecke die Stabenden erst mittels des Meissels aufgespalten, und die so entstehenden beiden Teile dann nach entgegengesetzten Richtungen klauenartig aufgebogen (Fig. 75). Auch eine hakenförmige Gestaltung der Enden ist

bisweilen erforderlich, wie z. B. bei den Koenenschen Voutendecken, zur sicheren Befestigung der Stabenden an den Trägerflanschen (Fig. 76) oder an Flacheisen u. dergl., die in den Umfassungswänden verankert sind. Die Formgebung geschieht mittels des Hammers auf dem Amboss, durch Einspannen der Enden in den Schraubstock und Umbiegen mit der Hand usw. Alle diese Arbeiten werden bei nicht sehr scharfen Krümmungen und bei schwachen Querschnitten in kaltem Zustande vorgenommen. Ist der Querschnitt der Stäbe bedeutender, und sind die zu erteilenden Knicke und Krümmungen schärfer, so muss das Eisen an den betreffenden Stellen zuvor glühend gemacht werden, wenn man die Bildung von Rissen verhindern und die Haltbarkeit des Eisens nicht beeinträchtigen will.

Die Herstellung gedrehter Stäbe, die bei einigen Bauweisen Verwendung finden, geschieht teils in kaltem, teils in warmem Zustande. So werden z. B. bei der Bauweise nach Ransome die Stäbe von meist quadratischem Querschnitt auf kaltem Wege um ihre Längsachse gedreht. Die Stäbe sind 0,5 bis 5 cm dick und um so mehr gewunden, je geringer der Querschnitt ist. Die dünnsten Stäbe erhalten bis zu 20 Windungen auf das laufende Meter Länge. Auch die Bauweise Habrich bedient sich um die Längsachse gewundener Stäbe, die hier aus Flacheisen bestehen und in warmem Zustande gedreht werden, und zwar gleich auf dem Walzwerk, welches die Flacheisen herstellt. Das Drehen der Ransome-Stäbe geschieht meist auf dem Bauplatz durch Einspannen derselben in eine Drehbank. Durch das Drehen soll ein innigerer Zusammenhang mit dem umgebenden Beton herbeigeführt werden. Auch die Festigkeit der Stäbe wird je nach der beim Drehen angewandten Kraft vergrößert.

Auch die Zurichtung der aus Flacheisen oder Rundeisen bestehenden Bügel, die bei Hennebique und anderen Bauweisen die Tragstäbe umfassen und zur Aufnahme der Schubkräfte bis in die Druckzone des Betons reichen, ist eine sehr einfache und besteht in dem Abschneiden auf richtige Länge und im Zurichtbiegen mit der Hand oder im Schraubstock in kaltem oder warmem Zustande. Die Enden werden mit dem Hammer etwas umgeschlagen zur besseren Haftung im Beton. Diese Arbeiten können ebenfalls in der Werkstatt oder auf dem Bauplatz ausgeführt werden.

Die meist aus Rundeisenstäben bestehenden Einlagen der Pfeiler und Säulen werden in solchen zu berechnenden Abständen miteinander verbunden, dass ein Einknicken des einzelnen Eisenstabes nicht eintreten kann. Während diese Querverbindungen jetzt meist aus starkem Draht oder dünneren Rundeisenstäben hergestellt werden, bestanden sie früher, so z. B. bei der Hennebique-Bauweise, aus dünnen Flacheisen, welche durchlocht waren und von oben auf die Rundeisenstangen aufgeschoben werden. Die Zurichtung solcher Verbindungsfacheisen besteht in dem Zuschneiden und in dem Stanzen der Löcher. Man bedient sich hierzu kleiner von der Hand betriebener Werkzeugmaschinen, welche Schere und Stanze oft in sich vereinigen.

Die Spiraleisenarmierung der schon weiter oben erwähnten Bauweise nach Considère (umschnürter Beton) erhält ihre Form entweder noch in warmem Zustande beim Verlassen der Walzen, oder den Drähten oder Rundeisen wird die spiralförmige Gestalt auf dem Bauplatz in kaltem Zustande erteilt und zwar

durch Aufwickeln auf eine Windtrommel. Letzteres Verfahren wird in der Regel vorgezogen.

Schliesslich ist noch die Verbindung zweier in der Längsrichtung gestossener Einlageisen zu erwähnen. Es kommt bei der Wahl der Verbindung darauf an, ob Druck- oder Zugkräfte zu übertragen sind, ob die Stäbe horizontal oder vertikal gerichtet sind, ob die Verbindung schon vor der Umhüllung mit Beton haltbar sein soll, indem die Eiseneinlagen etwa zum Tragen der Schalung mit benutzt werden, oder ob durch die Verbindung die Stabenden nur bis zur Betonumstampfung in richtiger gegenseitiger Lage erhalten werden sollen. Beim Stoss vertikal übereinander stehender Rundeisenanlagen eines Pfeilers oder einer Säule kann das obere Ende des unteren Stabes muffenartig ausgeschmiedet und das untere Ende des oberen Stabes in die entstehende Höhlung gesteckt werden. Meist schiebt man in diesem Falle eine kleine aus einem Gasrohrende bestehende Muffe über die beiden Stabenden (Fig. 77 und 78).

Bei Uebertragung von Zugkräften können die Verbindungen durch Einschrauben der Stabenden in Schraubenmutter hergestellt werden, denen man etwa die  $1\frac{1}{2}$  fache Stabdicke zum äusseren Durchmesser und die dreifache Dicke der Stäbe zur Länge gibt (Fig. 79). Will man die Stabenden durch das einzuschneidende Gewinde nicht schwächen, so muss man dieselben vorher aufstauchen. Billiger stellt sich das Zusammen-

Fig. 77 u. 78.

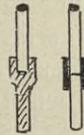


Fig. 79.



schweissen der Stabenden. Aber auch dieses ist bei der Bauausführung unständlich und lässt sich hier nur schwierig mit der nötigen Sorgfalt herstellen. Ausserdem wird durch den Vorgang des Schweissens das Eisen leicht spröde.

Nach umfangreichen Versuchen in bezug auf die vorhandene Festigkeit von Verbindungen, die durch Schweissung, Verschraubung und durch einfaches Uebereinandergreifen der Stabenden hergestellt waren, kam daher auch kürzlich Professor Guidi in Turin zu dem Schluss, dass das einfache Uebereinandergreifen der Stäbe in einer Länge gleich dem 30fachen Durchmesser derselben als die einfachste und praktischste Verbindung anzusehen ist. In der Tat werden die meisten Verbindungen in dieser Weise hergestellt. Beide Stabenden werden mit dünnem Draht umwunden, um sie bis zur Umstampfung mit Beton in richtiger gegenseitiger Lage zu erhalten. Die Stabenden werden rechtwinkelig umgebogen, damit sie noch besser im Beton haften. Die Uebertragung der Zugkraft geschieht durch die Haftfestigkeit des Betons am Eisen und durch die Scherfestigkeit des Betons. Natürlich ordnet man die Stösse nicht dort an, wo grosse Zugkräfte aufzunehmen sind, also nicht an den Stellen der grössten Biegemomente, sondern dort, wo letztere, und damit die Zugspannungen, gleich Null oder doch möglichst klein werden, also bei Platten oder Balken auf zwei Stützen in der Nähe der Auflager, bei eingespannten oder kontinuierlichen Platten, Balken usw. an den Stellen, an denen die Einlagen von einer Seite zur anderen abgebogen sind.

Ehe die Einlagen eingelegt werden, müssen sie, wenn nötig, gereinigt werden, namentlich von losem Rost, Fett, Oel, Humus u. dergl., weil diese das feste Haften des Betons am Eisen beeinträchtigen bzw. verhindern. Fest am Eisen haftender Rost ist dagegen nicht schädlich, sondern fördert sogar die

chemische Einwirkung des Betons auf das Eisen und die Entstehung der an den gegenseitigen Berührungsfächen eintretenden Verbindung zwischen den beiden Baustoffen.

## Grundformen für die Anordnung der Eiseneinlagen.

### Allgemeines.

Wie bereits früher hervorgehoben, besteht das Wesen der Eisenbetonkonstruktionen darin, dass in ihnen die bedeutende Druckfestigkeit des Betons möglichst voll ausgenutzt wird, während die Aufnahme der Zugkräfte durch die Eiseneinlage zu geschehen hat, da der Beton nur eine sehr geringe Zugfestigkeit besitzt. Wenn letzterer in Wirklichkeit auch die Eiseneinlagen in ihrem Widerstand gegen die Zugkräfte etwas unterstützt, so verlangen die „Bestimmungen“ doch die alleinige Aufnahme letzterer durch jene, denn es heisst in denselben:

§ 15,2. „Die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Körpers sind unter der Annahme zu berechnen, dass sich die Ausdehnungen wie die Abstände von der Nulllinie verhalten, und dass die Eiseneinlagen sämtliche Zugkräfte aufzunehmen vermögen“.

Auch die Schubfestigkeit des Betons ist im Vergleich zu seiner Druckfestigkeit eine nur geringe und es muss daher auch hier das Eisen durch die Form der Einlagen oder durch besondere Stücke unterstützend eintreten, wenigstens in allen Fällen, in denen die Schubkräfte eine nennenswerte Grösse erreichen.

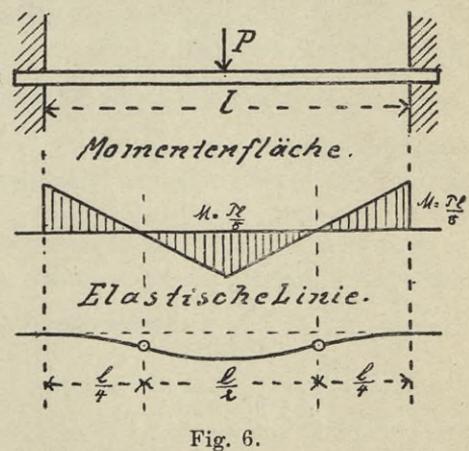
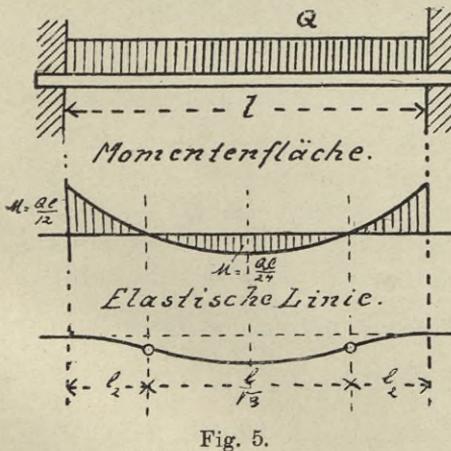
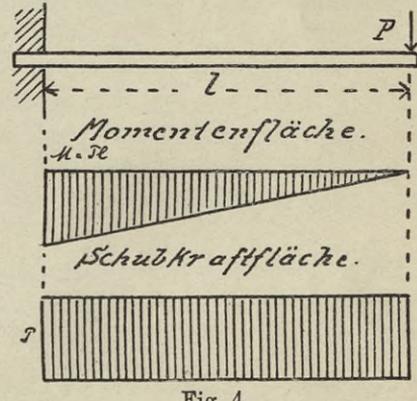
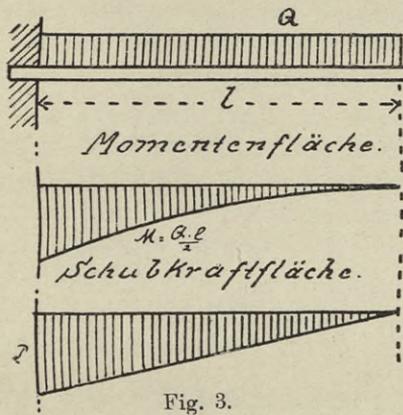
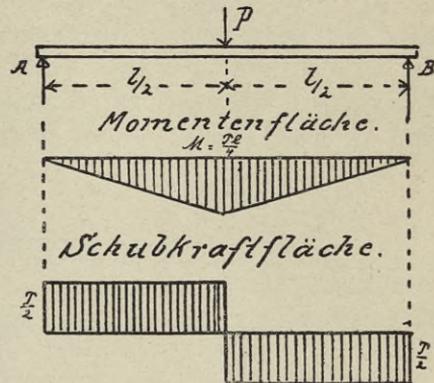
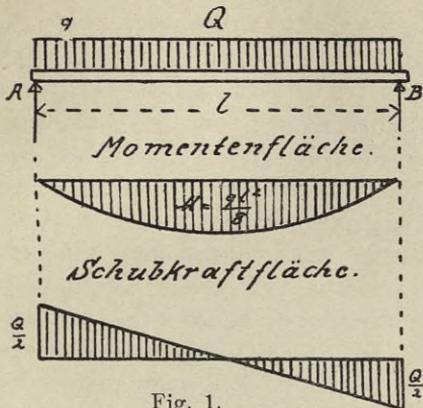
Die „Bestimmungen“ verlangen:

§ 15,4. „Schubspannungen sind nachzuweisen, wenn Form und Ausbildung der Bauteile ihre Unschädlichkeit nicht ohne weiteres erkennen lassen. Sie müssen, wenn zu ihrer Aufnahme keine Mittel in der Anordnung der Bauteile selbst gegeben sind, durch entsprechend gestaltete Eiseneinlagen aufgenommen werden“.

Mafsgebend für die Anordnung der Eiseneinlage ist besonders die Gestalt des Konstruktionsteils und die Art der denselben beanspruchenden äusseren Kräfte sowie die Richtung, welche diese in bezug auf die Achse desselben besitzen. Es werden dabei auch die anderen Aufgaben zu berücksichtigen sein, welche jene Konstruktionsteile ausser der Aufnahme und Uebertragung der äusseren Kräfte noch zu erfüllen haben, wie z. B. die Raumabschliessung bei Wänden und Decken. Die äusseren Kräfte beanspruchen die Bauteile hauptsächlich auf Biegung oder auf Druck. Die Biegung schliesst Beanspruchung auf Druck und Zug in sich. Reine Zugbeanspruchung findet wenigstens bei geraden Teilen im Eisenbetonbau selten statt. Dagegen tritt zur Beanspruchung auf Biegung oft noch eine solche auf Druck, so dass die betreffenden Teile dann auf zusammengesetzte Festigkeit zu berechnen sind. Bei der Beanspruchung auf Druck ist zu unterscheiden zwischen zentrischer und exzentrischer Wirkung der äusseren Druckkraft. Bei grösserer Länge auf Druck beanspruchter Teile tritt eine Beanspruchung auf Knicken ein. Die „Bestimmungen“ sagen darüber:

§ 15,6. „Die Berechnung der Stützen auf Knicken soll erfolgen, wenn ihre Höhe mehr als das 18fache der kleinsten Querschnittsabmessung beträgt“.

Um eine geordnete Uebersicht über die Grundformen der Eiseneinlagen zu erhalten, wollen wir dieselben nacheinander in den Hauptbauteilen und zwar in den Platten, Balken, Gewölben, Säulen und Wänden betrachten, um dann kurz auf die Gründungen, Dächer, Treppen, Rohre, Schornsteine usw. einzugehen.



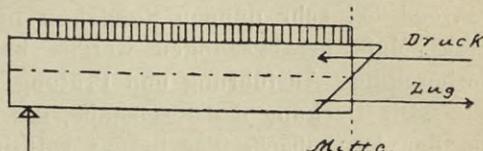


## Platten.

Einlagen in horizontaler Richtung. Die Platten haben meist eine horizontale Lage und werden durch Eigengewicht und Belastung auf Biegung beansprucht, wobei die Fasern auf der einen Seite von der neutralen Achse Druckkräfte, die auf der anderen Seite Zugkräfte aufzunehmen haben (Fig. 80). Die Form der Durchbiegung oder die Gestalt der elastischen Linie, die Grösse, Art und Verteilung der Biegemomente und damit die Verteilung und Grösse der entstehenden Zug- und Druckspannungen richtet sich ausser nach der Länge der Platte (oder des Balkens) und nach der Grösse und Verteilung der angreifenden Kraft bzw. der Belastung hauptsächlich nach der Art der Auflagerung oder Unterstützung, nach der Zahl der Stützpunkte, danach, ob die Platte auf den Stützen frei aufliegt, oder ob sie hier fest eingespannt ist usw. Wir wollen besonders folgende Fälle unterscheiden:

1. Die Platte lagert an beiden Enden frei auf.
2. Die Platte ist an ihrem einen Ende fest eingespannt.
3. Die Platte ist an ihren beiden Enden fest eingespannt.
4. Die Platte geht in einem Stück (kontinuierlich) über mehrere Stützen hinweg.

Fig. 80.



Ruht die Platte an ihren beiden Enden frei auf den Stützen, und ist sie auf ihrer ganzen Länge gleichmässig belastet, so wird sie in der Mitte am meisten auf Biegung und damit auch auf Zug und Druck beansprucht. Das in der Mitte vorhandene grösste Biegemoment beträgt:  $M = \frac{q l^2}{8} = \frac{Q l}{8}$ , wenn  $Q$  die ganze gleichmässig verteilte Last oder  $q$  die Belastung für die Längeneinheit bezeichnen. An den Enden ist das Biegemoment gleich Null. Hier ist die Schubkraft oder Vertikalkraft am grössten, nämlich gleich  $\frac{Q}{2}$  bzw.  $\frac{q l}{2}$ , während sie in der Mitte gleich Null wird und hier ihr Vorzeichen wechselt. Die Biegemomente sind auf der ganzen Länge positiv, die Schubkräfte auf der einen Seite von der Mitte aus positiv, auf der anderen negativ (Fig. 1, Tafel II). Aehnlich ist die Verteilung der Momente und Vertikalkräfte bei Belastung durch eine Einzellast in der Mitte (Fig. 2, Tafel II). Das grösste Moment in der Mitte beträgt hier  $\frac{P l}{4}$ . Die Schubkraft ist an jeder Stelle der einen Hälfte  $+\frac{P}{2}$ , auf der anderen Hälfte  $-\frac{P}{2}$ , während sie bei gleichmässig verteilter Belastung von den Enden nach der Mitte zu gleichmässig abnimmt. Dieser Verteilung der Momente und Schubkräfte entsprechend ist bei einer auf Biegung beanspruchten Platte die Eiseneinlage anzuordnen. Denken wir uns aus derselben ein Streifen von einem Auflager zum anderen herausgeschnitten, so werden alle auf der unterhalb der neutralen, d. h. weder Zug noch Druck empfangenden, daher in ihrer Länge nicht veränderten neutralen Faserschicht gelegenen Fasern auf Zug, alle darüber

gelegenen Fasern auf Druck beansprucht. Die Druck- bzw. Zugbeanspruchung ist umso grösser, je weiter die einzelnen Fasern von der neutralen Faserschicht entfernt sind. Aus dieser Betrachtung entspringt die erste Grundform der Eiseneinlage im unteren Teil der Platte und zwar möglichst nahe dem unteren Rande, da sie hier am wirksamsten ist (Fig. 1, Tafel III). Von der äusseren Kante des Querschnitts muss die Einlage nur soweit entfernt bleiben, dass das Eisen noch sicher von Beton umhüllt wird. Hierzu ist bei gewöhnlichen Rundeiseneinlagen eine Entfernung von der Aussenkante von etwa 1 cm erforderlich. Bei stärkeren aus Profileisen bestehenden Einlagen ist ein grösserer Abstand erforderlich, während bei sehr dünnen Rundeisen oder Drähten vielleicht noch etwas unter dieses Mass herabgegangen werden kann. Die „vorläufigen Leitsätze für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Eisenbetonbauten“ sagten hierüber:

„Die Deckung der Eisenstäbe, d. i. der Abstand der Oberfläche des Eisens von der Aussenfläche des Betons soll in der Regel nicht weniger als 1 cm betragen. Bei geringerer Stabdicke als 1 cm kann die Stärke der Deckung bis auf 0,5 cm ermässigt werden, wenn später Putz aufgetragen wird“.

Die „Bestimmungen“ sagen über die Einlagen:

§ 6,1. „Die Eiseneinlagen sind vor der Verwendung sorgfältig von Schmutz, Fett und losem Rost zu befreien. Mit besonderer Sorgfalt ist darauf zu achten, dass die Eiseneinlagen die richtige Lage und Entfernung voneinander sowie die vorgesehene Form erhalten, durch besondere Vorkehrungen in ihrer Lage festgehalten und dicht mit besonderer, entsprechend feinerer Betonmasse umkleidet werden. Liegen in Balken die Eisen in mehreren Lagen übereinander, so ist jede Lage für sich zu umkleiden. Unterhalb der Eiseneinlagen muss in Balken noch eine Betonstärke von mindestens 2 cm, in Platten von mindestens 1 cm vorhanden sein“.

Vorläufig betrachten wir nur einzelne Einlagen. Auf die Vereinigung derselben zu Gitter- oder Netzwerken durch Hinzufügung sogen. Verteilungsstäbe oder durch Anwendung von Drahtgeweben oder Streckmetall u. dergl. wollen wir später eingehen. An den Enden werden die Einlagen umgebogen oder aufgespalten und aufgeklaut, um eine bessere Haftung und Verankerung in der Betonmasse zu erzielen. Stärke und Entfernung der Einlagen sind voneinander abhängig und richten sich nach der Grösse der aufzunehmenden Kräfte und nach der Plattenstärke. Bei dieser einfachen Einlage werden sämtliche Druckspannungen, die bei der Biegung entstehen, vom Beton allein aufgenommen.

Eine zweite Grundform der einfachen Einzeleinlagen besteht in der Verwendung von Stäben, die im mittleren Teil der Platte ebenfalls nahe der Unterfläche eingebettet sind, die dann aber nach den Auflagern zu der abnehmenden Grösse des Biegemoments und damit der abnehmenden Zugspannung entsprechend nach oben gekrümmt sind (Fig. 2, Taf. III). Die gekrümmte Form der Stäbe ist auch sehr geeignet, die auftretenden und nach den Auflagern hin grösser werdenden Schubspannungen aufzunehmen oder den Beton in seinem Widerstand gegen diese Kräfte wirksam zu unterstützen. Bei Platten sind diese Schubspannungen allerdings in der Regel nicht sehr bedeutend. Bei Balken, Unterzügen u. dergl. können sie dagegen sehr beträchtlich werden, so dass zu ihrer Aufnahme besondere Anordnungen der Konstruktion nötig werden. Schliesslich kann bei Anwendung gebogener Einlagen die ganze Unterfläche dieser ge-

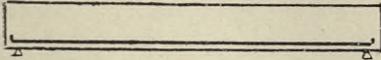


Fig. 1.

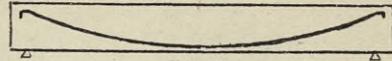


Fig. 2.

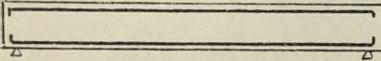


Fig. 3.

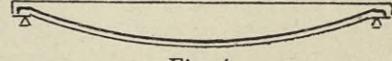


Fig. 4.

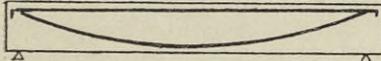


Fig. 5.

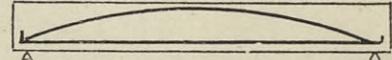


Fig. 6.

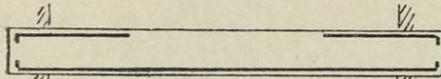


Fig. 7.

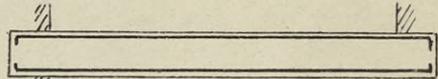


Fig. 8.

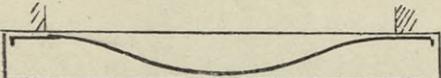


Fig. 9.

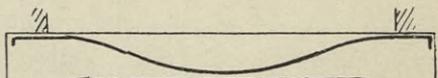


Fig. 10.

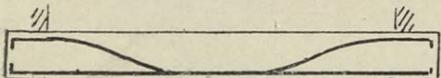


Fig. 11.

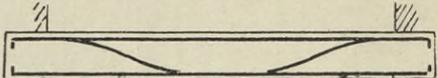


Fig. 12.

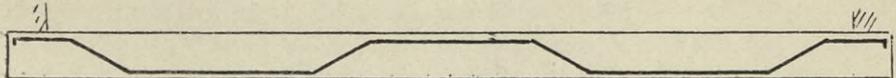


Fig. 13.

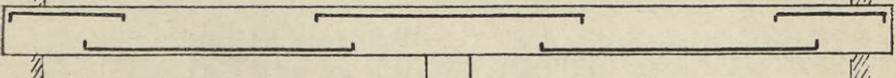


Fig. 14.

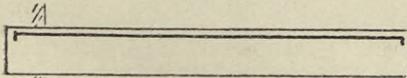


Fig. 15.

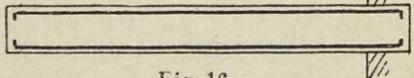


Fig. 16.

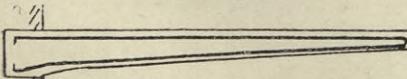


Fig. 17.

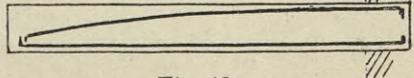


Fig. 18.



bogenen Form folgen, so dass die Platte in der Mitte dicker wird als an den Auflagern (Fig. 4, Taf. III).

Obwohl die Eiseneinlagen hauptsächlich die Zugspannungen aufnehmen sollen, so sind doch auch Anordnungen mit doppelter Einlage in Gebrauch, bei denen also auch der gedrückte Teil der Platte mit einer Einlage versehen ist (Fig. 3, 5 und 6, Taf. III). Beide Einlagen können hierbei gerade sein (Fig. 3, Taf. III), oder die obere ist gerade, die untere wie vorhin nach unten gekrümmt (Fig. 5, Taf. III). Auch eine Anordnung mit unterer gerader und oberer in der Mitte aufwärts gebogener Einlage kommt vor (Fig. 6, Taf. III). Die durch Anordnung von Einlagen in der Druckzone stattfindende Ausnutzung der Festigkeit des Eisens und damit verbundene Ersparnis an Beton ist nur unbedeutend. Bei der Anordnung nach Fig. 6 werden die gebogenen Stäbe der Druckzone auch auf Knickfestigkeit beansprucht; gegen ein Einknicken sind sie durch die Betonumhüllung ziemlich sicher geschützt. Die untere gerade Einlage dagegen ganz fortzulassen, wie es ebenfalls geschieht, ist im allgemeinen nicht zu empfehlen und nur bei kleinen Spannweiten und geringer Belastung angängig, da im anderen Falle der Beton an der unteren Plattenseite durch die auftretenden Zugspannungen Risse erhält und zerstört wird.

Wir wenden uns nun den Platten zu, die an dem einen Ende eingemauert oder auf irgend eine andere Weise fest eingespannt sind, am anderen Ende dagegen keine Unterstützung besitzen. Die Flächen für die Biegemomente und Schubkräfte solcher Platten bzw. Balken sind auf Tafel II in Fig. 3 für eine gleichmässig verteilte Belastung, in Fig. 4 für eine Einzellast am Ende dargestellt. Das grösste Biegemoment liegt in beiden Fällen an der Einmauerungsstelle.

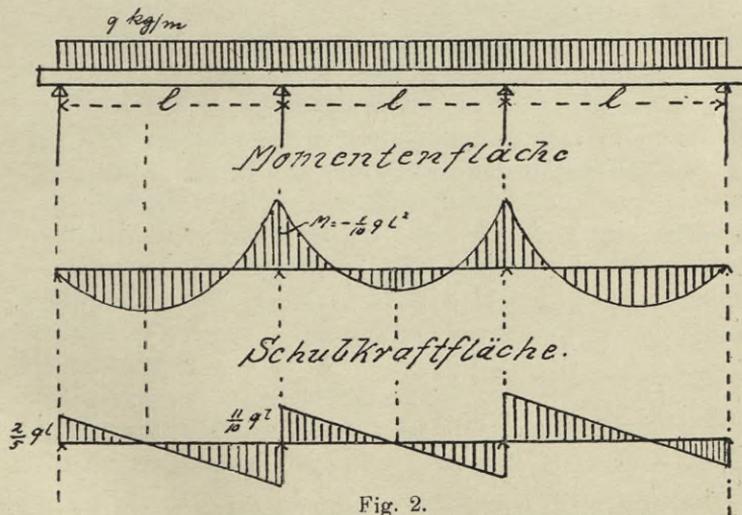
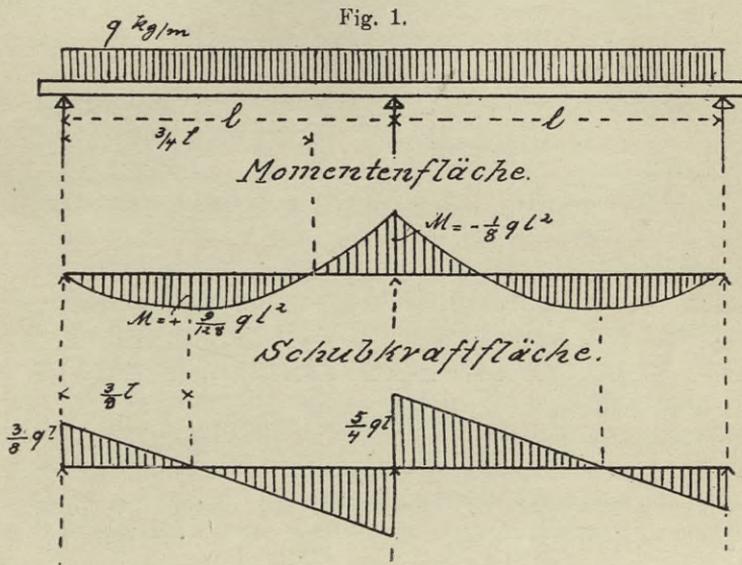
Es ist im ersten Falle gleich  $\frac{Ql}{2}$ , im zweiten gleich  $Pl$ . Die Schubkraft wächst bei gleichmässiger Belastung von Null am freien Ende bis zu  $Q$  an der Einmauerungsstelle, wohingegen bei der Einzellast die Schubkraft auf der ganzen Platten- bzw. Trägerlänge gleich  $P$  ist. Während bei der Platte auf zwei Stützen oben Druck, unten Zug auftrat, befindet sich jedoch bei einseitig eingespannten Platten die Zugzone oben und die Druckzone unten. Dementsprechend muss auch die Eiseneinlage wenigstens bei einfacher Einlage ihren Platz wechseln und in die Nähe der oberen Begrenzungslinie verlegt werden. Im übrigen können auch hier einfache und doppelte Einlagen (oben und unten) zur Verwendung gelangen, die wiederum beide gerade sein können oder von denen die eine auch schräg bzw. gebogen sein kann (Fig. 15 bis 18, Taf. III). Auch die Stärke der ganzen Platte kann zweckmässig nach dem freien Ende hin abnehmen und zwar mit unterer gerader oder gekrümmter Begrenzungslinie. Besonders günstig ist eine grössere Stärke des eingespannten Plattenstückes und ein voutenförmiger Uebergang von diesem zur Platte.

Für den dritten Unterstützungsfall, bei welchem beide Enden der Platte fest eingespannt sind, zeigen die Fig. 5 und 6 auf Taf. II für eine gleichmässig verteilte Belastung auf der ganzen Länge und für eine Einzellast in der Mitte die Momentenfläche sowie die elastische Linie. Im ersteren Falle ist das Biegemoment an den Einspannungsstellen gleich  $\frac{Ql}{12}$ , in der Mitte gleich  $\frac{Ql}{24}$ , während

im zweiten Falle die Grösse desselben an beiden Stellen  $\frac{Pl}{8}$  beträgt. Die Art der Krümmung und das Vorzeichen der Biegemomente ist hier an den Einspannungsstellen und im mittleren Plattenteil verschieden, so dass an den Enden der Platte oben, im mittleren Teil dagegen unten, Zugspannungen vorhanden sind. Die sogenannten Wendepunkte der elastischen Linie bezeichnen die Stellen der Platte, in welchen die eine Art der Krümmung in die andere übergeht. An diesen Stellen ist die Grösse des Biegemoments gleich Null. Die Länge des mittleren nach unten durchgebogenen Teils der Platte ist bei gleichmässiger Belastung gleich  $\frac{l}{\sqrt{3}}$ , bei Belastung durch eine Einzellast in der Mitte gleich  $\frac{l}{2}$ .

Dementsprechend sind bei solchen Platten Eiseneinlagen zur Aufnahme der Zugspannungen vor allen Dingen an den Enden der Platte im oberen Teil, in der Mitte der Platte dagegen im unteren Teil notwendig. Es ergeben sich daraus die in den Fig. 7 bis 12 auf Tafel III dargestellten verschiedenen Anordnungen der Eiseneinlage. In Fig. 7, Taf. III, ist die Platte unten mit einer sich über ihre ganze Länge erstreckenden geraden Einlage versehen, während die oberen Einlagen an den Enden sich nur über eine gewisse Länge erstrecken, soweit nämlich hier Zugkräfte auftreten können, wobei darauf Rücksicht zu nehmen ist, dass die Längen dieser Strecken mit veränderlicher Lage der Last in gewissen Grenzen veränderlich sind. In Fig. 8, Taf. III, ist die Platte oben wie unten über ihre ganze Länge mit einer geraden Einlage versehen, so dass hier der Beton auch in der gedrückten Zone überall durch die Eiseneinlage unterstützt wird. In Fig. 9, Taf. III, ist die Platte ebenso wie in Fig. 10, Taf. III, mit einer gebogenen Einlage versehen, welche dem Wechsel der Biegeungsrichtung der Platte entsprechend verläuft, so dass sie stets dort der Aussenfläche sich am meisten nähert, wo die grössten Zugspannungen auftreten. In Fig. 10, Taf. III, sind die Enden der Platte ausserdem noch verstärkt und diese Verstärkungen gehen voutenartig in den mittleren Teil der hier schwächer gehaltenen Platte über. Auf diese Weise entstehen sozusagen zwei eingespannte Konsolen, welche an ihren Enden dem als Platte auf zwei Stützen zu betrachtenden mittleren Teil als Auflager dienen. Diese Anordnung ist besonders in der früher patentierten sehr verbreiteten Koenen'schen Voutendecke in vollkommener Weise ausgebildet. Endlich sind neben der gebogenen Einlage noch durchgehende gerade Einlagen unten (Fig. 11, Taf. III) oder unten und oben (Fig. 12, Taf. III) angewandt. Die Wirksamkeit gebogener Einlagen den Schubkräften gegenüber ist schon weiter oben erwähnt.

Auch in dem vierten Unterstützungsfall, nämlich den über mehrere Stützen in einem Stück fortlaufenden Platten, wechselt die Biegeungsrichtung der elastischen Linie und das Vorzeichen der Momente über den Stützen und im mittleren Plattenteil zwischen jenen in ähnlicher Weise wie bei den beiderseits eingespannten Platten (Taf. IV). Auch hier liegt die Zugzone des Querschnitts bald oben, bald unten. Daher müssen die zur Aufnahme der Zugkräfte notwendigen Einlagen ebenfalls ihre Lage wechseln. Wir sehen die geraden Einlagen daher in Fig. 14, Taf. III, über den Stützen oben, in den mittleren Plattenteilen unten angeordnet, während gebogene oder geknickte Einlagen, wie in Fig. 13, Taf. III, dem Wechsel der Lage der gezogenen Zone entsprechend ihren Platz an der





Unter- bzw. Oberkante beständig wechseln, je nachdem sie über eine Stütze hinweglaufen oder sich in dem mittleren Teil zwischen zwei Stützen befinden. Auch in diesem Falle können die unteren oder die oberen Einlagen oder auch beide durch die ganze Länge der Platte gehen und ausserdem können noch gebogene oder geknickte Einlagen vorhanden sein. Schräge oder voutenförmige Verstärkungen sind oft bei den die Platten unterstützenden Trägern oder Eisenbetonbalken angebracht entsprechend dem über den Stützen vorhandenen grössten Biegemoment. Bei Annahme gleichmässiger Belastung sind die Momente und Schubkräfte für einen Träger auf drei Stützen in Fig. 1, Taf. IV, und für einen solchen auf vier Stützen in Fig. 2, Taf. IV, dargestellt. Im ersteren Falle beträgt das grösste Moment  $\frac{1}{8} p l^2$ , im zweiten  $\frac{1}{10} p l^2$ . Für die Berechnung solcher Platten in ihrem mittleren Teil schreiben die „Bestimmungen“ vor:

§ 14,3. „Bei Platten und Balken, die über mehrere Felder durchgehen, darf, falls die wirklich auftretenden Momente und Auflagerkräfte nicht rechnerisch nach den für durchgehende Balken geltenden Regeln unter Voraussetzung freier Auflagerung auf den Mittel- und Endstützen oder durch Versuche nachgewiesen werden, das Biegemoment in den Feldmitten zu vier Fünfteln des Wertes angenommen werden, der bei einer auf zwei Stützen frei aufliegenden Platte vorhanden sein würde. Ueber den Stützen ist dann das negative Biegemoment so gross, wie das Feldmoment bei beiderseits freier Auflagerung anzunehmen. Als durchgehend dürfen nach dieser Regel Platten und Balken nur dann berechnet werden, wenn sie überall auf festen, in einer Ebene liegenden Stützen oder auf Eisenbetonbalken aufliegen. Bei Anordnung der Eiseneinlagen ist unter allen Umständen die Möglichkeit des Auftretens negativer Momente sorgfältig zu berücksichtigen“.

Bisher sind die Einlagen nur als einzelne Stäbe gedacht gewesen, die meist einen kreisförmigen Querschnitt haben, aber auch in jeder möglichen anderen Querschnittsform zur Verwendung kommen können, als Flacheisen, Quadrateisen,  $\perp$ -,  $\Gamma$ -Eisen usw. Oft werden nun noch ausser diesen sogen. Tragstäben, die von Stütze zu Stütze gehen, Verteilungsstäbe meist rechtwinklig zu diesen über denselben angewandt und an den Kreuzungsstellen durch Bindedraht mit ihnen verbunden. Sie haben den Zweck, die Lasten auf die eigentlichen Tragstäbe zu übertragen, die Wirkung von grossen Einzellasten auf einen breiteren Plattenstreifen zu verteilen und die Tragstäbe beim Einlegen und während des Umstampfens mit Beton in ihrer richtigen Lage zu erhalten. Sind Länge und Breite der Platte annähernd gleich gross, so kann beiden Lagen von Stäben die Aufgabe von Tragstäben zufallen. Die Lasten werden dann auf sämtliche Seiten der Platte hin übertragen.

Die „Bestimmungen“ sagen hierüber:

§ 14,7. „Ringsum aufliegende, mit sich kreuzenden Eiseneinlagen versehene Platten können bei gleichmässig verteilter Belastung, wenn ihre Länge  $a$  weniger als das  $1\frac{1}{2}$  fache ihrer Breite  $b$  beträgt, nach der Formel  $M = \frac{p b^2}{12}$  berechnet werden. Gegen negative Angriffsmomente an den Auflagern sind Vorkehrungen durch Form und Lage der Eisenstäbe zu treffen.

5. Die rechnungsmässig sich ergebende Dicke der Platten und der plattenförmigen Teile der Plattenbalken ist überall auf mindestens 8 cm zu bringen“.

Statt der Richtung senkrecht zu den Seiten, erhalten die Stäbe auch eine schräg zu jenen gehende Richtung, so z. B. bei der Bauweise Schlüter (Fig. 21). Auch geflochtene Einlagen werden viel angewandt, wie bei der Bauweise Cottancin (Fig. 16). Andere Anordnungen, wie zickzackförmig zwischen den Tragstäben verlaufende Bandeisen, sind bereits früher erwähnt. Wie die Einzeleinlagen können nun auch diese gitter- oder netzartigen Einlagen zu mehreren übereinander (oben und unten) angewandt werden.

Einlagen in vertikaler Richtung. Bisher ist nur von Einlagen gesprochen, welche eine horizontale oder annähernd horizontale Lage haben, und welche hauptsächlich zur Aufnahme der Zugkräfte dienen.

Einlagen in vertikalen Ebenen in senkrechter oder schräger Richtung sind erforderlich, um die auftretenden Schubspannungen aufzunehmen oder den Beton in seinem Widerstand gegen diese Kräfte zu unterstützen. Diese Einlagen kommen in sehr verschiedenen Anordnungen vor. Sie sind entweder mit den Haupteinlagen fest verbunden oder umfassen dieselben nur lose. Man findet sie sowohl bei einfachen, wie bei doppelten geraden und bei gemischten (geraden und gebogenen) Einlagen. Es wurde schon früher darauf hingewiesen, dass gebogene oder geknickte Einlagen ebenfalls den Zweck haben, gegen die Schubkräfte zu wirken. Besondere diesem Zwecke dienende Einlagen bestehen meist nur aus Flach- oder Rundeisen, die die untere Einlage umfassen und mit ihren oberen etwas umgebogenen Enden in der Druckzone des Betons verankert sind (Bügel). Sind obere und untere Einlagen vorhanden, so verbinden die Querstäbe beide in senkrechter, schräger oder gitterförmiger Anordnung und zwar sowohl bei Einzeleinlagen als auch bei Einlagen aus Netz- oder Gitterwerk. Die vertikalen Einlagen selber können ebenfalls aus Eisenstäben bestehen, aus zickzack-, mäander- oder wellenförmig gebogenen Stäben, die dann oft rechtwinkelig zu den Hauptstäben liegen und zugleich Verteilungsstäbe bilden. Auch können sie selber wieder aus Netz- oder Gitterwerk bestehen (Fig. 81 und 82).

Fig. 81.

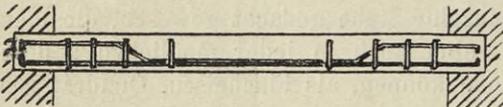
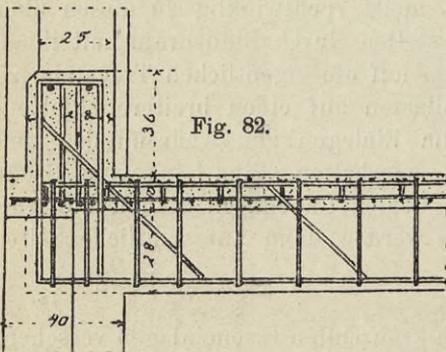


Fig. 82.



Winkleisen, die mit ihren Horizontalschenkeln an die Haupteinlage genietet sind, wie z. B. bei der Bauweise Klett.

Findet eine solche feste Verbindung an der oberen und unteren Einlage statt, so erhalten wir einen vollständigen Fachwerk- oder Gitterträger. Die Horizontaleinlagen selber sind dann meist und bei Balken noch mehr als bei Platten von stärkerem Querschnitt. Tritt an Stelle von vertikalen Einzeleinlagen

ein volles Blech, so erhalten wir einen Blechträger oder einen  $\Gamma$ -Träger. Diese Einlagearten sind dann meist selbsttragend, so dass sie die Lasten zum grossen Teil wenigstens auch ohne die Betonumhüllung schon aufzunehmen vermögen und in den meisten Fällen dazu dienen können, ohne besondere Unterstützungen von unten die für das Einstampfen des Betons notwendige Schalung zu tragen.

### Balken.

**Eiserne Träger.** In den Anfängen der Anwendung des Eisenbetons auf Baukonstruktionen benutzte man noch lange Zeit eiserne Deckenträger und Unterzüge, z. B. bei der Monierbauweise. Die den Fussboden bildende Platte ging über die oberen Flanschen der Träger hinweg, auf denen sie ihr Auflager fand (Fig. 83), Bisweilen ruhte sie auch auf seitlich an den Stegen angenieteten Winkeleisen oder auf den unteren Flanschen. Auch zwei übereinander angebrachte Platten kamen zur Verwendung, von denen die stärkere obere den Fuss-

Fig. 83.

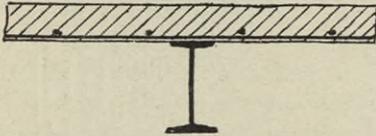
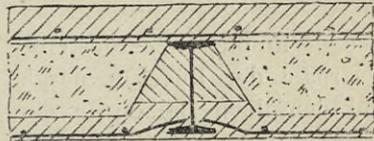


Fig. 84.



boden bildete oder trug und zur Aufnahme der Lasten diente, während die schwächere untere nur als Deckenverkleidung diente (Fig. 84).

Später wurden die Träger mit Beton umstampft, um sie gegen Rost und Feuer zu schützen. Dies war auch namentlich bei denjenigen Ausführungen der Fall, bei denen die eigentliche Platte nur aus Beton ohne Eiseneinlage bestand. In allen diesen Fällen ist der Träger allein der eigentliche tragende Teil, während der umhüllende Beton nur als Schutzmantel diente.

**Eisenbetonbalken.** Die Festigkeiten beider Baustoffe, Beton und Eisen, wurden dem Wesen des Eisenbetons entsprechend erst richtig ausgenutzt, als man dazu überging, die Eiseneinlage in den Balken zu verringern und sie namentlich dorthin zu legen, wo Zug- und Schubspannungen aufzunehmen sind.

Die Konstruktionsgrundsätze sind im übrigen bei Balken dieselben wie bei Platten. Wegen der grösseren Höhe des Querschnitts kann hier eine noch viel ausgiebigere und vorteilhaftere Verwendung von gebogenen Einlagestäben oder solchen, die nach gebrochenen Linien verlaufen, gemacht werden. Auch die Bügel und ähnliche dem Schub entgegenwirkende vertikale Einlagen spielen hier eine grössere Rolle als bei den Platten, teils wegen der zu ihrer Entwicklung vorhandenen grösseren Stärke der Balken, teils wegen der bedeutenderen, ja oft sehr beträchtlichen Grösse der aufzunehmenden Lasten und damit auch der Schubkräfte. Die grössere Höhe gibt auch Gelegenheit, hier besser als bei den Platten, die Einlagen zu wirklichen Gitterträgern auszubilden, wobei dies Gitterwerk entweder überall in den vollen rechteckigen Betonquerschnitt eingebettet ist, wie z. B. bei der Bauweise Coignet oder von dem Beton derart Aussparungen gemacht werden, dass der Balken auch äusserlich als ein Gitterträger erscheint, wie z. B. bei der Bauweise Visintini.

Im übrigen gelten auch für Balken in bezug auf die Anordnung und Stärke der Einlagen dieselben Unterschiede wegen der Art der Unterstützung und der damit zusammenhängenden Verteilung und Grösse der vorhandenen Biegemomente und Schubkräfte, so dass wir hier ebenfalls die vier Hauptfälle zu unterscheiden haben, nach denen der Balken entweder nur an beiden Enden frei aufliegt, an einem oder an beiden Enden fest eingespannt ist oder in einem Stück (kontinuierlich) über mehrere Stützen fortläuft. Im letzteren Falle werden sowohl bei Balken wie bei Platten die Enden ausserdem meist fest eingespannt.

Ueber die Querschnittsform der Bügel und ähnlicher Einlagen gilt hier ebenfalls das bei den Platten schon Gesagte. Meist werden diese Einlagen aus

Fig. 85.

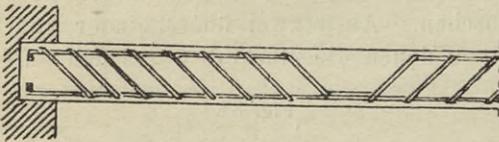
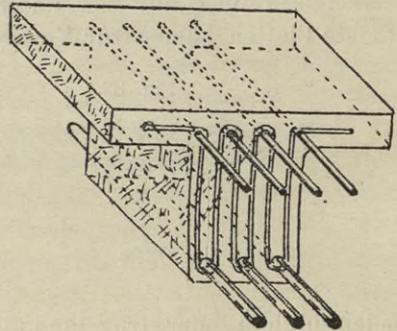


Fig. 86.



Flach- oder Rundeisen hergestellt. Die Querschnittsgrösse der Bügel u. dergl. bleibt für ein und denselben Balken in der Regel für seine ganze Länge dieselbe. Dagegen nehmen die Entfernungen zwischen ihnen von der Mitte nach den Auflagern hin ab entsprechend der in dieser Richtung stattfindenden zunehmenden Grösse der Schubkräfte (Fig. 82 und 85). Die Richtung der Bügel war früher fast immer senkrecht. Heute gibt man denselben und den sonstigen die gleiche Aufgabe erfüllenden Einlagen viel-

Fig. 87.

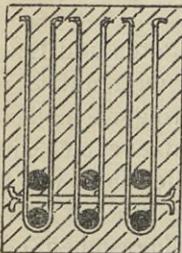


Fig. 88.

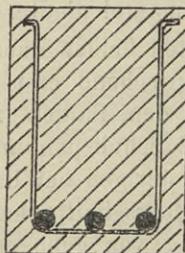
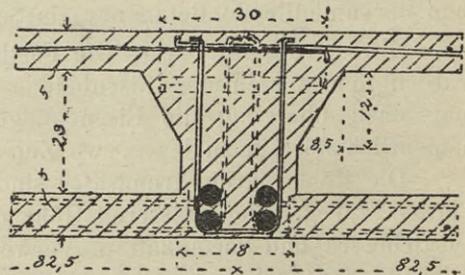


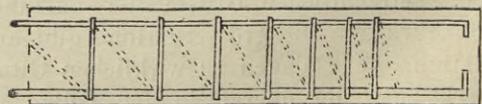
Fig. 89.



fach eine von unten schräg aufwärts nach den Auflagern zu geneigte Lage (Fig. 85 bis 90).

Von besonderen Einlageeisen mögen erwähnt werden die von Kahn, bei denen die seitlich angewalzten Ränder von kleinen auf die Kante gestellten Quadrateisen stellenweise vom Hauptkörper und an einer Seite von dem folgenden Rande abgetrennt und unter  $45^\circ$  schräg aufwärts gebogen werden,

Fig. 90.



so dass hier die Einlage für die Zug- und für die Schubkräfte aus einem Stück

besteht. Die Abmessungen dieser Kahneisen betragen beispielsweise 40 mm in der Breite und 13 mm in der Höhe (Fig. 42 u. 43).

Von Golding, dem Erfinder des bereits öfter erwähnten Streckmetalls, wird ein Einlageeisen empfohlen, welches einen flachen, oben und unten ganz schwach gewölbten Querschnitt mit seitlichen Einkerbungen besitzt, in welche die, die Schubkräfte aufnehmenden Drahtbügel eingeschoben und durch Zusammenpressen der Kerbenränder befestigt werden, ein Verfahren, welches, abgesehen von den besonderen und jedenfalls teureren Eisen, auch die Arbeit umständlich und kostspielig zu machen scheint (Fig. 41).

Zweckmässig dagegen erscheinen bei der Bauweise Pohlmann sowohl die als Haupteinlage dienenden schon oben erwähnten Bulbeisen als auch die hier zur Verwendung kommenden Bügel. Durch die Aussparungen wird an Eisen und daher an Gewicht gespart, und der Beton haftet nicht nur an den Aussenflächen, sondern er durchdringt den Träger an vielen Stellen ganz. Die Bulbeisen sind selbsttragend, ermöglichen eine Anbringung der Schalung an ihnen ohne besondere Unterstützungen. Die Verteilung der Eisenmasse im Querschnitt ist derart, dass ein recht grosser Anteil des Gesamtquerschnitts zur Aufnahme der Zugkräfte bereit ist, und die Aussparungen im Trägersteg geben nicht nur Gelegenheit zur guten Befestigung von Ankern u. dergl., sondern sie sind auch sehr gut zur sicheren Befestigung der Bügel, die hier aus ringförmigen Schlingen aus Flacheisen bestehen und in den achteckigen Aussparungen des Bulbeisens durch Eisenkeile sicher festgehalten werden. Die Wirkung dieser ringförmigen breiten Schlingen ist gegen die auftretenden Schubkräfte eine sehr energische und sichere (Fig. 44 bis 47).

In der Werkstatt hergestellte Balken. Wegen der meist ja nur geringen Breite der Balken kommen bei ihnen ausser den eigentlichen Tragstäben, die hauptsächlich die Zugkräfte aufnehmen oder zuweilen auch den Beton in der Aufnahme der Druckkräfte unterstützen, und den Bügeln oder Schlingen, die hauptsächlich zur Aufnahme der Schubkräfte dienen, andere Einlagen seltener vor, namentlich fehlen hier fast immer die bei Platten häufiger angewandten Verteilungsstäbe, und werden daher netz- oder gitterartige Einlagen in horizontaler Richtung kaum gebraucht. Einlagen in der Richtung der Verteilungsstäbe werden dagegen häufig durch die horizontalen Strecken der Bügel oder Schlingen gebildet, die bei mehreren nebeneinander liegenden Haupteinlagen diese unten fast immer, bei anderen Bauweisen oft auch unten und oben umschlingen (Fig. 86 bis 90). Sie liegen im unteren Balkenteil dann freilich unter den Tragstäben, während eigentliche Verteilungsstäbe ihren Platz stets über den Tragstäben haben. Trotzdem wirken sie mit zur besseren Lastverteilung in der Breitenrichtung des Balkens und wirken gegen die Bildung vertikaler Risse, die bei schwer belasteten Balken in ihrer Längsrichtung zwischen den Haupteinlagen auftreten können.

Zuweilen werden z. B. bei der Bauweise Hennebique zur Verhinderung solcher Rissbildungen zwischen den unteren Tragstäben und senkrecht zu ihrer Richtung besondere Einlagen angeordnet, die dann aus flachgelegten Band- oder Flacheisen bestehen und an ihren Enden etwas aufgespalten und klauenförmig umgebogen sind, so dass sie fest im Beton verankert werden (Fig. 87 und 89).

Bezüglich des baulichen Zusammenhanges der Einlagen und des Betons von Platten und Balken und ihrer Selbständigkeit oder gegebenenfalls ihres

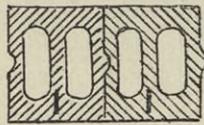
statischen Zusammenwirkens sind die Anordnungen bei den einzelnen Bauweisen sehr verschieden. Während bei der sogenannten selbsttragenden oder monolithischen Bauweise (Hennebique usw.) dieses Zusammenwirken auf jede mögliche Weise zu erreichen gesucht wird, indem z. B. Balken und Platte nicht nur gleichzeitig sozusagen aus einem Stück hergestellt werden und die Eiseneinlagen häufig von einem Teil in den anderen übergehen, wie bei den Bauweisen der „Société des chaux et ciments des Crèches“, von Chaudy, Walzer-Gérard u. a., bilden bei anderen Bauweisen diese Stücke, obwohl gleichzeitig hergestellt, doch selbstständige Stücke mit besonderen, gänzlich voneinander getrennten Einlagen. Bei noch anderen Ausführungsarten sind Balken und Platten vollständig voneinander getrennt und dermassen vom ganzen Bauwerk losgelöst, dass die einen oder die anderen oder auch beide nicht an Ort und Stelle, sondern vorher in der Werkstatt hergestellt und dann fertig im Gebäude verlegt werden.

Solche vorher gefertigte Platten kommen namentlich vorteilhaft zur Verwendung, wenn sie nicht von Eisenbetonbalken, sondern von gewöhnlichen  $\perp$ -Trägern unterstützt werden. In dieser Weise sind schon frühzeitig, besonders

Fig. 91.



Fig. 92.



gefertigte Monierplatten verwandt worden (Fig. 91). Ein anderes Beispiel bilden die Stolte'schen Stegzementdielen (Fig. 92).

Die Vorteile solcher in der Werkstatt gefertigten Stücke bestehen in der grösseren Billigkeit und in der

grösseren Sorgfalt, mit welcher sie sich herstellen lassen. Bei der Anfertigung der Teile, sowie beim Aufbringen derselben im Bau ist man von den Witterungsverhältnissen völlig unabhängig, so dass auch in schlechter Jahreszeit die Decken sich ebenso gut und sicher herstellen lassen wie in guter. Beim Aufbringen fallen besondere Rüstungen und Schalungen fort, und die gefertigten Decken sind sofort benutzbar, während man beim Herstellen an Ort und Stelle mehrere Wochen bis zur völligen Erhärtung des Betons warten muss, ehe man die Decken nennenswert belasten darf.

Bestehen Platten und Balken aus Eisenbeton, so ist die Herstellung an Ort und Stelle die Regel und zwar nach den Grundsätzen der selbsttragenden Bauweise. Auf die Einzelheiten dieser Anordnung werden wir im nächsten Abschnitt bei den Rippendecken und Plattenbalken näher eingehen. Doch werden auch Balken vorher in der Werkstatt gefertigt. Es sprechen hier dieselben Vorteile mit wie bei den vorher gefertigten Platten. Auch eine Festigkeitsprüfung kann vorher bequem mit den einzelnen Stücken vorgenommen werden. Einzelne Bauweisen fertigen Balken oder Platten vorher an, wollen aber nach der Zusammenfügung in dem Bauwerk beide Teile als ein Stück wirkend wissen gegenüber der Einwirkung der äusseren Kräfte. Ein solches inniges Zusammenwirken beider Teile kann aber nur stattfinden, wenn beide gleichzeitig an Ort und Stelle und aus der gleichen Betonmasse hergestellt werden, da ein nachträgliches Vergiessen der Fugen oder ein nachträgliches Ausstampfen der vorhandenen Zwischenräume mit neuer Betonmasse nicht den zu einheitlicher Wirkung notwendigen innigen Zusammenhang beider Teile gewährleistet. Werden dagegen Platten wie Balken auch bei der Berechnung gesondert für sich behandelt, so lässt sich auch

gegen die vorherige Anfertigung der Balken nichts einwenden. Eilige Bauten können dann sehr schnell ausgeführt werden. Bei sehr grossen Bauwerken bildet jedoch die Anfertigung an Ort und Stelle die Regel, ebenso bei sehr grossen Spannweiten und grossen Belastungen, da dann die Balken sowohl für die Beförderung nach der Baustelle wie für das Verlegen ein sehr bedeutendes und unbequemes Gewicht erhalten oder die Balken ziemlich eng aneinander gelegt werden müssen. Vorher angefertigte Teile bieten auch nicht so grossen Widerstand gegen bedeutende Einzellasten, welche durch die Steifheit der selbsttragenden oder monolithischen Bauweise, durch deren Gleichförmigkeit und durch das innige Zusammenwirken der einzelnen, zusammen ein Ganzes bildenden Glieder stets viel leichter auf eine grössere Fläche übertragen werden. Wie wir später näher sehen werden, bilden bei der vollkommen durchgeführten monolithischen Bauweise nicht nur Balken und Platten, sondern sämtliche wichtige Teile eines Bauwerkes ein solches ganzes einheitlich zur Wirkung kommendes Stück, bei dem sich die einzelnen Teile innig unterstützen, und nur in grösseren Abständen werden Ausdehnungsfugen angebracht, um dem Ausdehnen und Zusammenziehen der Baustoffe durch die Wärmeänderung und durch Feuchtigkeit und Trockenheit Rechnung zu tragen und die dadurch bedingte Entstehung von Rissen zu verhindern.

Auch Treppenstufen, Fenstersturze, Fusswegplatten usw. werden vielfach und vorteilhaft vorher auf dem Werkplatz hergestellt, besonders auch Rohre und Kanalstücke für Wasserleitungen, Kanalisationen, so lange deren Abmessungen ein gewisses Mass nicht überschreiten.

Rohre und Kanäle von sehr grossen Weiten dagegen werden stets an Ort und Stelle hergestellt.

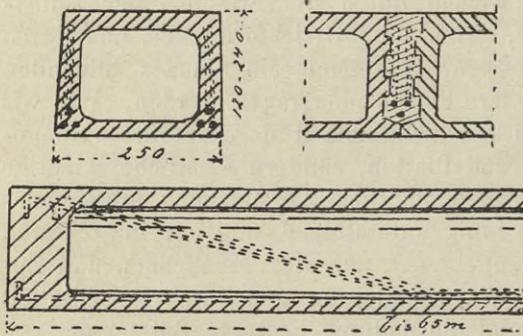
Von den fabrikmässig in der Werkstatt hergestellten Eisenbetonbalken mögen zwei Konstruktionen besonders hervorgehoben werden, nämlich die Siegwart-Balken und die Visintini-Gitterträger, die sich dadurch auszeichnen, dass sie in sich Balken, tragende Fussbodenplatte und untere Deckenplatte vereinigen.

**Siegwart-Balken.** Die Siegwart-Balken sind hohl. Die mit Eiseneinlage versehenen Seitenwände bilden die eigentlich tragenden Teile. Die obere stärkere auf der Unterseite an den Ecken gewölbte Platte bildet oder trägt den Fussboden, die untere Verbindungsplatte bildet die Decke. Obere und untere Platte erhalten keine Eiseneinlage. Bei den Seitenwänden besteht die letztere je nach der Spannweite und Belastung in vier bis sechs 5 bis 10 mm starken Drähten oder Rundeisen, von denen je zwei in der Regel gerade sind und parallel mit der Unterkante in der Nähe dieser verlaufen, während die übrigen im mittleren Teil ebenfalls unten liegen, dann aber schräg nach den Auflagern zu nach aufwärts gehen. An den Enden sind alle Einlageeisen in Form gekrümmter Haken umbogen, wodurch die Ankerwirkung verstärkt und ebenso wie durch die nach oben geführten Eisen negative Auflagermomente aufgenommen werden können, da die Siegwart-Balken mit Vorliebe zwischen die als Unterzüge dienenden  $\perp$ -Träger mit ihren Enden eingespannt werden, indem sie sich oben zwischen den Oberflansch des Trägers, unten zwischen einen auf den Trägerunterflansch aufgestampften Betonklotz klemmen, so dass sie nach dem grössten Biegemoment von  $\frac{p l^2}{10}$  (statt  $\frac{p l^2}{8}$  bei freier Auflagerung) berechnet werden können.

Im übrigen ruhen sie bei mässigen Spannweiten unmittelbar auf den Wänden und können bei grossen Spannweiten durch unter ihnen liegende  $\perp$ -Träger oder durch Eisenbetonträger unterstützt werden.

Die Siegwart-Balken werden bis zu 6,5 m Spannweite, neuerdings auch darüber, hergestellt in normalen Höhen von 12, 15, 18, 21 und 24 cm und in der Regel in Breiten von 25 cm.

Fig. 93 bis 95.



Siegwart-Balken.

Das Ende der Balken wird gewöhnlich schon bei der Fabrikation auf 10 cm Tiefe massiv hergestellt (Figur 93 bis 95). Man stellt 10 Balken zugleich in einem Stück von 2,5 m Breite her, aus welchem innerhalb 10 Minuten, ehe der Zement abgebunden hat und erhärtet ist, mittels einer sinnreichen Maschine die 10 Einzelbalken geschnitten werden, wobei die äusseren Seitenwände derselben zugleich mit schrägen vertieften Riffelungen versehen werden.

Während des Umstampfens mit Beton halten einige vertikale Drahtschlingen die Eiseneinlagen auf den die Hohlräume bildenden aus Eisenblech bestehenden Kernen in ihrer richtigen Lage. Diese Drahtringe werden natürlich mit einbetoniert. Die in die Seitenwandungen eingearbeiteten schrägen Rillen dienen zur besseren Verbindung der einzelnen Balken miteinander durch den nach dem Verlegen derselben in die Fugen eingefüllten Zementverguss, so dass das Ganze eine fest zusammenhängende ebene Decke bildet.

Bei kleinen Spannweiten und geringer Belastung schaltet man auch zwischen normal mit Einlage versehenen Balken solche mit schwacher Einlage und mit zwei nebeneinander liegenden Hohlräumen ein, während man bei bedeutenden Längen und starker Belastung ebenfalls leichte Hohlbalken mit nur schwacher Eiseneinlage verwendet und diese mit schmalen Zwischenräumen verlegt, in welche die Haupteiseneinlage an Ort und Stelle eingelegt und dann mit Beton umstampft wird.

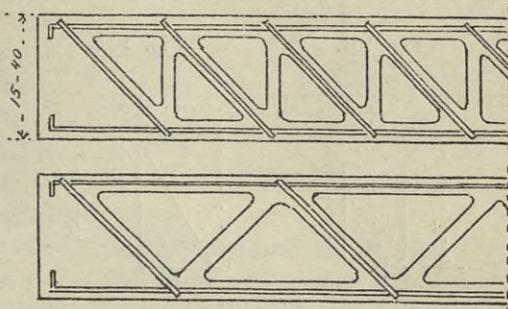
Visintini-Gitterträger. Auch bei der Bauweise Visintini werden Decken aus nebeneinander verlegten Eisenbetonbalken von 15 bis 40 cm Höhe und 20 cm Breite gebildet. Hier bildet die Einlage ein völliges Gitterwerk mit horizontalen und schrägen oder horizontalen und diagonalen Stäben, welches auch nach der Umstampfung mit Beton noch als solches erscheint, und in welchem die schrägen oder vertikalen Druckstäbe aus Beton ohne Eiseneinlage gebildet werden. Die gebildeten Hohlräume durchsetzen die Balken hier nicht wie in vorigem Falle in der Richtung von Auflager zu Auflager, sondern senkrecht zu dieser Richtung. Die schrägen Zugstäbe greifen oben und unten hakenförmig um die horizontalen Druck- bzw. Zugstäbe der Einlage (Fig. 96 u. 97). Die Fugen zwischen zwei Balken werden wieder nach dem Verlegen mit Zementmörtel vergossen. Schwalbenschwanzartige Aussparungen an den oberen und Abschrägungen an den unteren Kanten sollen dabei eine innige Verbindung der

benachbarten Balken herbeiführen, so dass bei Belastung durch grössere Einzel- lasten diese auf die benachbarten Balken mit übertragen werden, und ein Durch- biegen des einzelnen Balkens verhin- dert wird.

Die Visintini-Träger werden ebenfalls in der Fabrik oder auch auf dem Bauplatz hergestellt und in verschiedenen Abarten ausgeführt, z. B. so, dass nur einzelne Träger verlegt werden, zwischen denen ähnlich geformte Einlagestücke als Füll- stücke eingeschaltet werden, oder es werden grössere Träger auch vorher in einzelnen Stücken von möglichst gleichartiger Form hergestellt und

erst an Ort und Stelle zu Eisenbetonträgern zusammengefügt. In letzterem Falle ist allerdings eine leichte Rüstung und Schalung erforderlich.

Fig. 96 und 97.



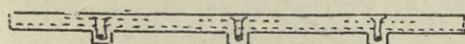
Visintini-Träger.

### Rippendecken und Plattenbalken.

Rippenplatten. Will man nicht besondere eiserne Träger und Unter- züge oder solche aus Eisenbeton verwenden, so muss man bei grösseren Spann- weiten die Eiseneinlage sehr stark oder besser die Platte sehr dick machen. Hierdurch wird aber das Eigengewicht sehr gesteigert. Man hat daher in den Rippenplatten zwar die gezogene Einlage recht weit von der Druckzone des Betons entfernt, um beide recht wirksam zu machen, aber in den unteren Teilen den Beton zwischen den Einlagen möglichst ausgespart und hier in der Zugzone nur soviel davon gelassen, wie zur sicheren Umhüllung der Einlagen nötig ist, um diese gegen Rost und Feuer zu schützen, und, wie erforderlich ist zur sicheren Verbindung der oberen auf Druck beanspruchten Platte und der unteren gezogenen Eiseneinlage (Fig. 98).

Durch diese rechteckigen oder halbkreisförmigen Aussparungen wird das Eigengewicht in wünschenswerter Weise verringert.

Fig. 98.



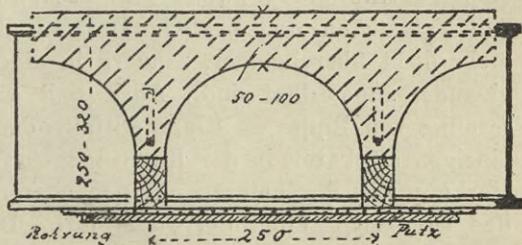
Rippendecke.

Fig. 99.



Koenen'sche Rippendecke.

Fig. 100.



Koenen'sche Plandecke.

Die Koenen'sche Rippendecke (Fig. 99) und die Koenen'sche Plan- decke (Fig. 100) sind in dieser Art konstruiert, ebenso die Holzer'sche Hohl- decke. Die beiden letzteren haben unten eine leichte Deckenverkleidung erhalten, um eine ebene Unteransicht zu bekommen. Am günstigsten werden die Hohl-

räume angeordnet sein, wenn die neutrale Faserschicht durch die Unterkante der oberen Platte geht, weil der darunter liegende Betonteil auf Zug beansprucht wird, die Widerstandsfähigkeit desselben gegen Zugkräfte aber nur gering ist und nach den „Bestimmungen“ bei der Berechnung überhaupt nicht berücksichtigt werden soll (Fig. 101 u. 102).

Fig. 101.

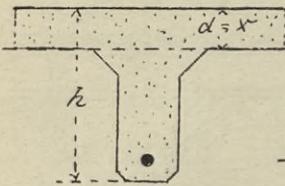


Fig. 102.

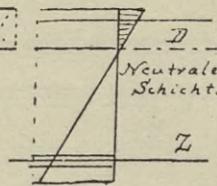
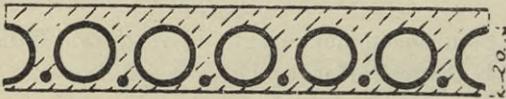


Fig. 103.



Bauweise Bramig.

Die Stärke des oben voll stehenden, gewölbten bezw. Platten-teils muss so bemessen sein, dass er von Rippe zu Rippe die Lasten zu tragen bezw. auf jene zu übertragen imstande ist. Eine obere Platte, Rippen und zugleich eine untere ebene Deckenansicht zeigt die Bauweise Bramig, bei der die kreisförmigen Hohlräume durch eingebettete Drainrohre gebildet werden (Fig. 103). Bei der Anwendung derartiger Konstruktionen hat man nun nicht nur die damit ver-

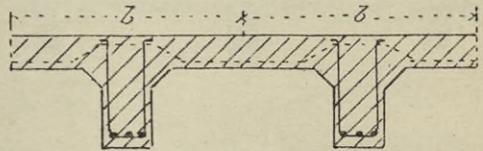
bundenen Vorteile zu berücksichtigen, sondern auch die Nachteile, welche besonders in den erhöhten Kosten durch Vorhalten, Aufbringen und Umstampfen der vielen, die Hohlräume bezw. Aussparungen bildenden Formen, die z. B. bei der Koenen'schen Plandecke aus Eisenblech bestehen, mit in Betracht zu ziehen. Durch Kostenvergleich erst wird man die Grenze finden können, bis zu welcher man etwa noch mit einer wenn auch etwas stärkeren ebenen Platte gehen kann.

Die Einlageisen dieser Rippendecken bestehen gewöhnlich aus Rundeisen, von denen jede Rippe gewöhnlich nur eins erhält. Die Koenen'sche Rippendecke, die für grössere Spannweiten bestimmt ist, hat als Einlage in jeder Rippe ein kleines  $\perp$ -Eisen von 80 mm Höhe.

Die Rippen dieser wie der Plandecke desselben Erfinders sind nur 25 cm voneinander entfernt. Will man diese Entfernung grösser wählen, so muss man auch die Platte mit Eiseneinlagen und zwar in der Richtung quer zu den Rippen versehen, wenn die Platte eine mässige Stärke erhalten soll (Fig. 98). Man hat dann die Anordnung zweier sich rechtwinklig kreuzenden Eiseneinlagen ähnlich den Tragstäben und Verteilungsstäben der Monierplatten, die jetzt aber nicht mehr dicht übereinander, sondern in einem grösseren senkrechten Abstand voneinander angeordnet sind. Auch sind die sonst auf eine Breite gleich der Entfernung von Rippe zu Rippe entfallenden schwächeren Tragstäbe nun zu einem einzigen stärkeren in der Rippe eingebetteten Einlagestabe vereinigt. Auch die Verknüpfung der unteren mit den oberen Stäben durch Bindendraht fällt nun an den Kreuzungsstellen der Stäbe fort. Die Platte ist nun als auf beiden Enden frei auflagernd oder auch als über die Rippen fortlaufend zu berechnen, während die Rippe als ein  $\perp$ -Träger erscheint, bei welchem die Platte von Mitte zu Mitte Rippenfeld den oberen auf Druck beanspruchten Trägerflansch, die Rippe selber den Trägersteg bildet, während die in ihrem untersten Teil eingebettete Eiseneinlage die Zugspannungen aufnimmt.

Plattenbalken. Werden die Spannweiten und Lasten bedeutend, so treten an die Stelle der Rippen stärkere Balken, die man Plattenbalken nennt, wenn sie mit der Platte aus einem Stück bestehen, so dass letztere als Flansch angesehen werden kann, der die Druckspannungen bei der Biegungsbeanspruchung des Balkens aufnimmt (Fig. 104). Die Breite des bei der Berechnung zu berücksichtigenden Teils der Platte darf nach den „Bestimmungen“ ein gewisses Mafs nicht überschreiten. Dieselben schreiben vor:

Fig. 104.



Plattenbalken.

§ 14,6. „Bei Plattenbalken darf die Breite des plattenförmigen Teiles von der Balkenmitte ab nach jeder Seite mit nicht mehr als einem Sechstel der Balkenlänge in Rechnung gestellt werden“.

In bezug auf die Einlagen und deren Lage gilt hier dasselbe, was schon bei den Platten usw. gesagt ist, desgl. das über die Unterstüzung und über die Einspannung Gesagte. Eine Einspannung wird man nur als vorhanden annehmen können, wenn sie durch die ganze Anordnung der Konstruktion gewährleistet ist, was bei dünnen Zwischenwänden oder Stützen von geringem Querschnitt, die sich im folgenden Stockwerk fortsetzen, in der Regel nicht der Fall ist.

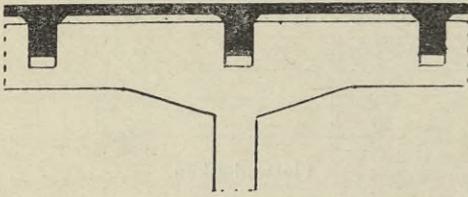
Die „Bestimmungen“ schreiben vor:

§ 14,4. „Bei Balken darf ein Einspannungsmoment an den Enden nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn besondere bauliche Vorkehrungen eine sichere Einspannung nachweislich gewährleisten“.

Die Einlagen bestehen auch hier meist aus Rundeisen, doch kommen auch viele andere Profile vor. Die Rundeisen werden den grösseren Zugspannungen entsprechend fast immer zu mehreren in einer Reihe angeordnet. Zwischen ihnen soll sich ein Raum von 3 bis 6 cm befinden, damit sie noch sicher mit Beton umstampft werden können. Der Abstand von den Seitenflächen des Balkens soll etwa 3 cm und von der Unterkante, je nach der Stärke der Rundeisen, bei Platten mindestens 1, bei Balken mindestens 2 cm betragen. Bei frei auf den Enden auflagernden Balken wird ein Teil der unteren Einlagestäbe an den Enden unter etwa  $45^\circ$  schräg aufwärts gebogen, um die hier grösser werdenden Schubspannungen bzw. schief gerichteten Hauptzugspannungen aufzunehmen, da sie wegen der nach den Auflagern hin abnehmenden Grösse der Biegemomente unten nicht mehr alle nötig sind. Bei sehr grossen Beanspruchungen werden die Rundeisen auch in zwei Reihen übereinander angeordnet, wenn man sie mit den nötigen Zwischenräumen nicht mehr alle in einer Reihe unterbringen kann (Fig. 85). Bei über mehrere Stützen fortlaufenden Balken müssen an den Stellen, an denen negative Biegemomente auftreten, auch im oberen Teil des Balkens Einlagen vorhanden sein. Oft ist eine obere Einlage in der ganzen Balkenlänge vorhanden. Notwendig wird dies oft bei ungleichen Stützweiten für die kleinere Oeffnung, in der dann bei voller Belastung der nebenliegenden grösseren Strecke auf der ganzen Länge oben Zugspannungen auftreten können, wenn sie selbst nicht belastet ist. Die bereits bei den Platten erwähnten Bügel dienen hier ebenfalls zur Aufnahme der Schubkräfte und zur sicheren Verbindung der Druckzone durch den mittleren, den Trägersteg bildenden

Balkenteil mit den unteren Zugstäben. An den Enden gehen die Balken zweckmässig mit schrägen oder voutenförmigen Verstärkungen in die tragenden Wände oder Stützen über (Fig. 105). Eben-

Fig. 105.



solche Verstärkungen vermitteln den Uebergang der Platte zum Balken (Fig. 104).

Werden die Spannweiten noch bedeutender, so werden die Rippen oder Balken nochmals durch quergehende stärkere Balken unterstützt, die den ersteren dann als Unterzüge dienen, aber ebenfalls als Plattenbalken konstruiert sind und als solche berechnet werden. Letztere können endlich durch Eisenbetonsäulen oder -pfeiler weiter unterstützt werden (Fig. 105).

Die bisher besprochenen Plattenbalken haben, abgesehen von den Endverstärkungen, eine horizontale Unterfläche und meist Rundeisen als Einlagen.

Bei der Bauweise Möller bestehen die Einlagen der Rippen aus Flacheisen, die nach unten durchgebogen und an den Enden durch mehrere aufgenietete Winkeleisenstücke fest verankert sind. Der Form der Eiseneinlage entspricht die der Rippe, welche in der Mitte am stärksten ist und an den Enden verschwindet, hier ist die im übrigen horizontale Decke voutenförmig verstärkt. Die Rippen treten daher fischbauchförmig aus der Unterfläche der Platte hervor.

Fig. 106.

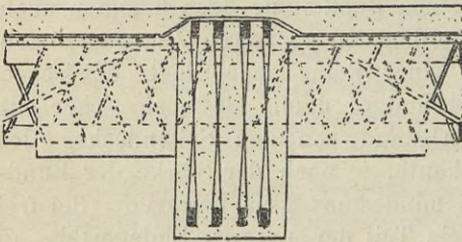
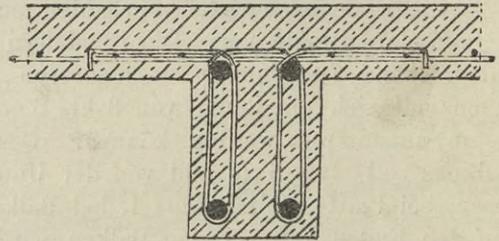


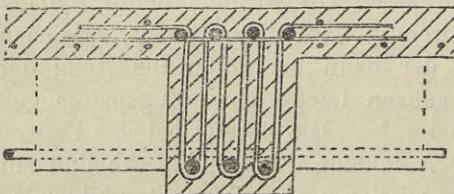
Fig. 107.



Auch zwischen den Auflagern sind die Einlageflacheisen in gewissen Abständen mit aufgenieteten Winkeleisen versehen (Fig. 49).

Im übrigen kommen auch bei den Plattenbalken die verschiedensten Anordnungen vor, sowohl in bezug auf die Haupteinlagen wie in bezug auf Bügel, Schlingen usw. Die Figuren 106 bis 108 geben hierfür noch einige Beispiele.

Fig. 108.



Oben liegende Rippen. Schliesslich seien noch die Platten mit oben liegenden Rippen erwähnt. Obgleich die unten liegenden Rippen und Balken die Regel bilden und allgemein die beste Ausnutzung der Druckfestigkeit des Betons gestatten, kommen doch auch oben liegende Rippen bzw. Balken vor, die für gewisse Fälle sehr zweckmässig

sein können. Bei Eisenbetonbrücken mit sehr beschränkter Konstruktionshöhe können z. B. die beiden oben vortretenden Hauptträger gleich das abschliessende Geländer vertreten. Im Hochbau liegen die Endbalken der Decken von Fabriken u. dergl. zweckmässig über der Deckenplatte, damit man zum besseren und ausgiebigeren Lichteinfall die Fensteröffnungen bis unmittelbar an die Unterfläche der Decke reichen lassen kann (Fig. 82).

### Gewölbe und Bogen.

Allgemeines. Konstruktionsstücke in gebogener Form finden bei Bauausführungen vielfältige Anwendung. Die Gewölbeachse kann dabei eine horizontale Lage haben wie bei Decken und Brücken; sie kann schräg gerichtet sein, wie bei Unterstützungen von Treppen und Rampen, und sie kann endlich senkrecht stehen, wie bei Wänden von Flüssigkeitsbehältern, bei Wänden von Silos u. dergl., bei Ufer-, Stütz- und Futtermauern. Die angreifende äussere Kraft kann von oben nach unten wirken wie die Belastung und das Eigengewicht bei Decken- und Brückenkonstruktionen. Sie kann auch von unten nach oben wirken, wie der Widerstand des Baugrundes bei Gründungen, die in Form umgekehrter Gewölbe hergestellt werden, oder bei nach unten gewölbten Kellerdichtungen, die dem Auftrieb des Grundwassers zu widerstehen haben. Endlich kann die äussere Kraft auch eine horizontale oder schräge Richtung haben, wie der Winddruck gegen vertikal stehende gewölbte Wände, der Wasser- oder Erddruck gegen Ufer- und Futtermauern, der Druck des Inhaltes gegen die gewölbten Wände von Behältern für Flüssigkeiten, von Silos u. dergl. Endlich spielt die gewölbte Form bei Rohren und Kanälen für Wasserleitungen und Kanalisationen eine grosse Rolle. In letzterem Falle können die äusseren Kräfte das gewölbte Stück sowohl von aussen her angreifen, also von der konvexen Seite, als auch von der inneren, konkaven Seite her. Ersteres geschieht hauptsächlich durch den Erddruck bei in den Boden verlegten Rohren und Kanälen; letzteres ist bei Wasserleitungen der Fall, die unter hohem Druck stehen. Stets wird es auch hier vor allen Dingen darauf ankommen, überall dort Eiseneinlagen vorzusehen, wo allgemein Zugkräfte auftreten, oder wo solche, wenn auch seltener, unter besonderen Belastungsverhältnissen einmal auftreten können.

Von den genannten verschiedenen Konstruktionsteilen wollen wir hier zunächst nur die Gewölbe und Bogen betrachten und zwar erstere in ihrer Anwendung als Decken, letztere in ihrer Anwendung als Verstärkungsrippen bezw. Gurtbogen im Verein mit ersteren oder als oberer Abschluss von Oeffnungen in Aussenmauern oder Zwischenwänden.

Die Grundformen der Anordnung von Eiseneinlagen für solche Stücke richten sich im allgemeinen nach denselben Bedingungen und Grundsätzen, die wir bei den Platten und Balken bezw. Plattenbalken kennen gelernt haben.

Gewölbe. Nach der äusseren Form der Gewölbe haben wir zwei Hauptfälle zu unterscheiden, nämlich solche, die auch auf der Oberfläche, d. h. dem Gewölberücken gebogen sind (Fig. 1, Taf. V) und solche, die oben horizontal begrenzt sind, wie es zum Tragen des Fussbodens (bezw. des Brückenbelags) erwünscht erscheinen kann (Fig. 2, Taf. V). Bei den sowohl an der inneren Leibung wie im Rücken gewölbt erscheinenden Stücken kann die Stärke durch die ganze Spannweite hinweg die gleiche bleiben oder sie kann vom Gewölbe-

scheitel aus nach den Kämpfern hin allmählich zunehmen entsprechend der in dieser Richtung ebenfalls zunehmenden Grösse der in der Drucklinie auftretenden inneren Kräfte (Fig. 14, Taf. V).

Bezüglich der Eiseneinlage können wir wieder dieselben Fälle unterscheiden wie bei Platten und Balken. Entsprechend der durchgehenden Einlage an dem unteren Rande der letzteren hat man auch namentlich in der ersten Zeit des Eisenbetonbaues Gewölbe nur an ihrem unteren die Leibung bildenden Rande mit einer Einlage versehen. Dies genügt in der Regel nur bei kleinen Spannweiten und sehr geringen Belastungen. Werden diese beiden grösser, so wechselt die Drucklinie oft den verschiedenen Belastungsfällen entsprechend sehr wesentlich ihre Lage im Gewölbe. Die einzelnen Stellen einer Fuge (theoretisch gedacht) werden dann nicht mehr gleichmässig auf Druck beansprucht, sondern es können auf der von dem Durchgang der Drucklinie am weitesten entfernten Seite Zugspannungen auftreten. Es entstehen dann die der sog. Minimaldrucklinie entsprechenden, sich nach oben öffnenden Bruchfugen am Rücken des Gewölbes in der Nähe der Kämpfer (Fig. 11, Taf. V). Um die Entstehung dieser zu verhindern, hat man daher an diesen Stellen auch Einlagen in die Nähe des Gewölberückens in den Beton eingebettet, die die auftretenden Zugspannungen hier zu übernehmen haben. Dieselben beginnen an den Kämpfern oder vielmehr schon in den Widerlagern, in denen sie möglichst durch Umbiegungen, Aufklauungen u. dergl. verankert sind, und gehen ein Stück über jene Stelle hinaus, an der die Bruchfugen sich zu bilden pflegen (Fig. 3, Taf. V).

Statt der beiden oberen Einlagestücke am Kämpfer wendet man auch eine durchgehende obere Einlage an (Fig. 5, Taf. V). Man läuft dann nicht Gefahr, die oberen Einlagestücke des vorigen Falles etwa in ihrer Länge zu kurz zu bemessen. Bei von aussenher gegen die Widerlager gerichtetem Druck durch Erdhinterfüllung der letzteren oder durch den Schub benachbarter Gewölbe wird einer Fugenbildung am Scheitel des Rückens vorgebeugt, wie sie dem Verlauf der Maximaldrucklinie entspricht (Fig. 12, Taf. IV). Im übrigen wird durch die obere Einlage der Beton bei der Aufnahme der Druckkräfte unterstützt, und es werden diejenigen Zugkräfte von ihr aufgenommen, die bei Einwirkung der Sonnenwärme durch die Ausdehnung des Rückens gewölbter Dachkonstruktionen, Brücken u. dergl. in dem oberen Gewölbeteil auftreten können.

Endlich können die Gewölbe noch mit Einlagen versehen werden, die im mittleren Gewölbeteil gemeinsam mit der unteren Einlage in der Nähe der Gewölbeleibung verlaufen und dann nach den Kämpfern hin nach oben abbiegen und in den Widerlagern verankert sind (Fig. 7). Auch bei dieser Anordnung können ausserdem noch durchgehende obere Einlagen vorhanden sein (Fig. 9, Taf. V).

Dieselben Grundformen der Einlage ergeben sich, wenn das Gewölbe am Rücken nicht gebogen ist, sondern hier wagerecht verläuft. Die obere Einlage ist dann natürlich ebenfalls gerade (Fig. 2, 4, 6, 8, 10, Taf. V).

Ebenso wie bei den Platten können auch bei den Gewölben die Einlagen aus einzelnen Stäben bestehen, aus einem aus Trag- und Verteilungsstäben hergestellten Gitterwerk, aus geflochtenem Netzwerk oder aus Netzwerk, das aus einem Stück besteht. Auch hier werden meist Stäbe von kreisförmigem Querschnitt verwandt (Hennebique, Monier), doch kommen auch alle anderen, bei den Platten bereits genannten Querschnittsformen vor, so z. B. gedrehte Quadrateisen

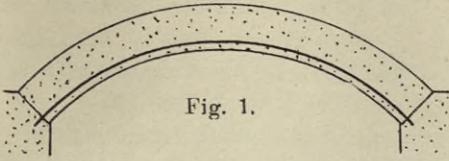


Fig. 1.

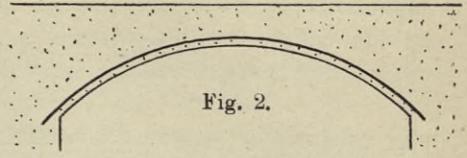


Fig. 2.

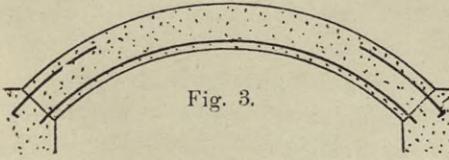


Fig. 3.

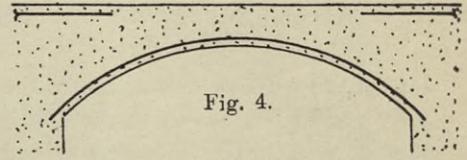


Fig. 4.

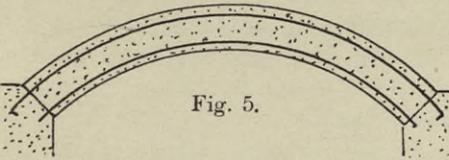


Fig. 5.

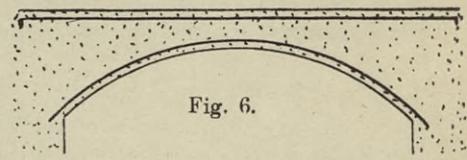


Fig. 6.

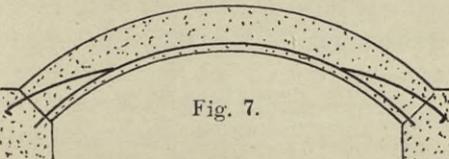


Fig. 7.

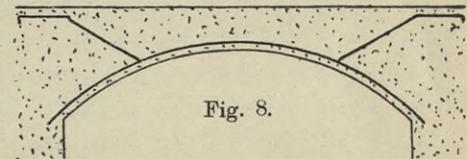


Fig. 8.

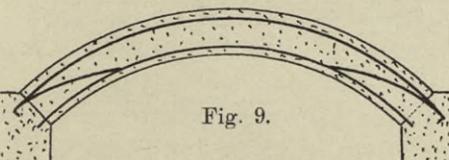


Fig. 9.

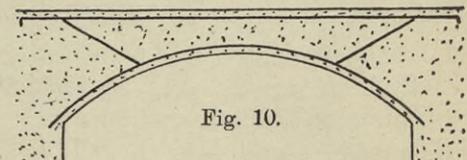


Fig. 10.

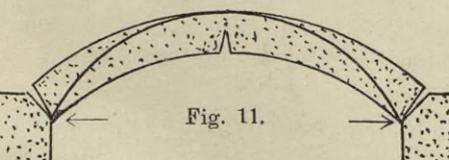


Fig. 11.

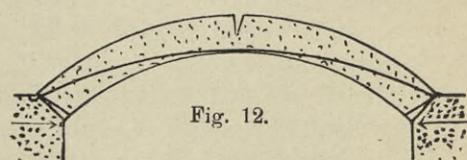


Fig. 12.

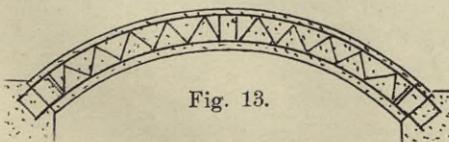


Fig. 13.

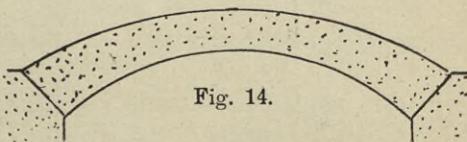


Fig. 14.



oder gedrehte Flacheisen (Habrich, Thomas u. Steinhoff). Ebenso werden sogen. starke Einlagen verwandt und solche, die aus Winkleisen u. dergl. zusammengenietet sind. Diese haben dann in der Regel schon ohne Betonumstampfung eigene Tragfähigkeit, so dass sie schon während der Bauausführung zum Tragen von Lasten benutzt werden können.

In der Vertikalebene kommen ebenfalls ähnliche Einlagen vor wie bei den Platten, also z. B. die Bügel der Hennebiquebauweise, oder zickzackförmige Verbindungen der oberen mit der unteren Einlage, so dass das Ganze einen gebogenen Gitterträger darstellt, wie z. B. bei der Bauweise Melan (Fig. 13, Taf. V).

Bogen. Entsprechend den Rippenplatten werden auch Gewölbe häufig mit Verstärkungen versehen, die auf der Unterfläche hervortreten. Die zwischen diesen Bogen liegenden Teile sind dann entweder ebenfalls gewölbt oder auch gerade (Bauweise Golding, Visintini usw.). Bei Ausführung von Kuppeln und reicher gegliederten Kreuz- und Sterngewölben für grosse Hallen, Kirchen u. dergl. spielen die in Eisenbeton ausgeführten Gurtbogen und Rippen als tragende Teile des ganzen Gewölbes eine wichtige Rolle.

#### Wände und Säulen.

Allgemeines. Auch die Anordnung der Einlagen dieser Bauteile richtet sich nach der Gestalt und Lage der Konstruktionen und nach der Grösse, Richtung und Lage der sie angreifenden äusseren Kräfte. Die Stücke selber haben in der Regel eine vertikale Richtung und sie werden auch hauptsächlich von Kräften in dieser Richtung auf Druck beansprucht sowohl durch ihr Eigengewicht wie durch die Lasten, welche sie von Decken und Dächern zu tragen haben. Bei Wänden kann die Richtung nach der Höhe auch eine schräge sein, wie bei Behälterwänden, Ufer- und Futtermauern, ebenso bei Bauteilen von kleinerem Querschnitt, wie bei schrägen Pfeilern, Streben, schräg eingerammten Pfählen. Die Wände können ausser den vertikalen Druckkräften auch Biegemomente in vertikaler Ebene aufzunehmen haben, wenn nämlich nur ihre Endpunkte unterstützt sind oder wenn sich Tür- und Fensteröffnungen oder dergl. in ihnen befinden. Sie werden dann als sehr schmale und sehr hohe Balken anzusehen und demgemäss mit Einlage zu versehen sein. Wände wie Säulen können ausserdem von horizontal oder schräg gerichteten Kräften angegriffen werden. Sie empfangen dann Biegemomente senkrecht zu ihrer Flächenausdehnung und werden beansprucht wie Deckenplatten. Diese Seitenkräfte können von aussen auf die Wände wirken, wie z. B. der Winddruck auf die Umfassungsmauern, oder von innen, wie der Druck von Flüssigkeiten auf die Behälterwände oder der Druck von aufgeschütteten Massen auf die Wände von Speichern, Silos u. dergl. Bei Säulen tritt zu der Beanspruchung auf Druckfestigkeit in der Regel noch eine solche auf Knickfestigkeit. Die Säulen können ferner zentrisch oder auch exzentrisch belastet sein oder noch durch seitliche Kräfte beansprucht werden durch Streben, Verankerungen, so dass eine Beanspruchung auf zusammengesetzte Festigkeit eintritt.

Es sollen hier nur gerade, vertikale Wände und ebensolche Säulen bezw. Pfeiler in bezug auf die Anordnung der Eiseneinlagen näher betrachtet werden.

Wände. Wir wollen die Wände in drei Klassen einteilen, nämlich in solche, die ausser ihrem Eigengewicht noch Decken- und Dachlasten zu tragen haben, wozu sich bei Aussenwänden noch der Winddruck gesellt, in Wände, welche als Behälterwände, Wände von Speichern, Silos und dergl. dem Druck der eingeschlossenen Flüssigkeiten oder dem aufgeschütteter Massen zu widerstehen haben, und endlich in Wände, die als innere Trennungs- und Scheidewände nur ihre Eigenlast zu tragen haben. Ufermauern, Futtermauern u. dergl., die dem Tiefbau angehören, werden nach ähnlichen Grundsätzen zu konstruieren sein wie die Wände der zweiten Klasse.

Wände, die Decken- und Dachlasten zu tragen haben, können nach zwei Arten angeordnet werden, nämlich so, dass sie aus einzelnen kräftigen Pfeilern, eisernen Stützen und dergl. bestehen, welche allein oder doch hauptsächlich zum Tragen der genannten Lasten bestimmt sind, während die zwischenliegenden Flächen durch schwächer konstruierte Wandfüllungen geschlossen sind, oder so, dass die Wand in ihrer ganzen Länge gleichmässig am Tragen dieser senkrechten Lasten beteiligt ist. Bei der ersten Anordnung werden die Pfeiler mehr nach den Grundsätzen für freistehende Pfeiler oder Säulen zu behandeln sein, die wir im nächsten Abschnitt besprechen. Die Wandfüllungen sind dann nach den Gesichtspunkten, die für Trennungswände dienen, zu behandeln. Sie können aber als Aussenwände auch noch unter dem Einfluss des Winddruckes stehen oder als Behälterwände einem von innen kommenden Druck in horizontaler oder schräger Richtung zu widerstehen haben.

Wände der ersten Anordnungsart, also mit verstärkten Pfeilern, stellen sich namentlich auch bei hohen Gebäuden und grossen Lasten in der Regel am zweckmässigsten und billigsten her. Sie sind namentlich auch bei der sogen. monolithischen Bauweise, bei der das ganze Gebäude von den Fundamentplatten bis zum Dach, bis auf die notwendigen Wärmeausdehnungsfugen, sozusagen aus einem Guss und einem Stück aus Eisenbeton hergestellt wird, in zahlreichen Fällen und vollkommener Anordnung zur Ausführung gelangt. Bei dieser Bauweise bilden nicht nur Deckenplatten und Balken ein Stück, welches einheitlich den Lasten Widerstand leistet, wie oben bei den Plattenbalken usw. schon erwähnt, sondern auch die anderen Hauptkonstruktionsteile, wie Säulen und Wände, hängen in derselben innigen Weise miteinander zusammen, so dass durch jeden Teil auch die übrigen versteift und verstärkt werden, und das Ganze gegen grosse Einzellasten, Stösse und Erschütterungen, kleine Ungleichheiten in der Tragfähigkeit des Baugrundes usw. sehr widerstandsfähig und unempfindlich gemacht wird. Diese Bauweise hat sich besonders auch bewährt bei Fabrikgebäuden, in denen bei dem innigen Zusammenhang der einzelnen Teile die durch die Maschinen und Transmissionsleitungen hervorgerufenen Erschütterungen der gewaltigen Masse des ganzen Gebäudes gegenüber keine schädliche Wirkung auszuüben vermögen. Webestühle und andere Maschinen, die gegen Erschütterungen sehr empfindlich sind, behalten in keinem auf andere Weise konstruierten mehrgeschossigen Fabrikgebäude einen so ruhigen, ungestörten Gang, wie in solchen, die nach monolithischer Bauweise in Eisenbeton hergestellt sind. Ebenso ist letztere zum Tragen grosser und wechselnder Lasten, zum Widerstand gegen heftige Sturmwirkung und dergl. sehr gut geeignet. Hohe, gewaltige Wasserbehälter tragende Wassertürme sind daher vorteilhaft in dieser Bauweise ausgeführt. Den ge-

waltigen Erschütterungen von Erdbeben haben gleichfalls von allen Konstruktionsarten solche Bauwerke den verhältnismässig besten Widerstand geleistet, die in monolithischer Bauweise aus Eisenbeton hergestellt waren.

Es werden nun in dieser Bauweise die äusseren Wände aus Eisenbetonpfeilern hergestellt, die an den Ecken und dort sich befinden, wo grössere Lasten, z. B. von den Unterzügen oder Balken der Decken oder von den Bindern der Dachkonstruktion aufzunehmen sind. Diese Pfeiler sind an geeigneten Stellen durch Schwellen, Gurtungen und Rähme, natürlich ebenfalls aus Eisenbeton, verbunden. Die noch übrig bleibenden Flächen, in denen noch die Tür- und Fensteröffnungen anzubringen sind, können nun ebenfalls aus Eisenbeton in einer der unten geschilderten Weisen geschlossen werden. Oft werden sie aber auch aus anderem Baustoff hergestellt. In den Beton, der ja eine sehr grosse Härte erlangt, lassen sich nachträglich nicht gut Nägel und dergl. zum Aufhängen von Bildern usw. einschlagen. Da ferner die ganzen Decken- und Dachlasten von den Pfeilern aufgenommen werden, haben die Wandfüllungen nur ihr verhältnismässig geringes Eigengewicht aufzunehmen und bei Aussenmauern noch dem Winddruck zu widerstehen. Ihre notwendige Stärke braucht daher, diesen geringen Beanspruchungen entsprechend, nur unbedeutend zu sein. Diese geringe Stärke genügt aber nicht, um bei Wohngebäuden, Fabriken, Ställen und dergl. in der erforderlichen Weise Wärme und Kälte von den Innenräumen abzuhalten. Diesen Uebelstand hat man dadurch zu beseitigen gewusst, dass man, beispielsweise bei der Monierbauweise, zwei solcher dünnen Wände anwandte, die zwischen sich eine Luftisolierschicht von 10 bis 15 cm einschlossen. In dieser Weise sind auch doppelte Wände der Rabitzbauweise zur Verwendung gekommen.

Da Beton ein verhältnismässig guter Wärmeleiter und dabei sehr dicht ist, eignet er sich nicht sehr gut zur Herstellung der Füllungen von Aussenmauern solcher Räume, die zum Aufenthalt von Menschen dienen. Wegen seiner guten Wärmeleitung hält er im Winter die äussere Kälte, im Sommer die Hitze nur schlecht von den Innenräumen ab. Feuchtigkeit wird nur langsam wieder vom Beton abgegeben, innere in der Luft enthaltene Feuchtigkeit schlägt sich dagegen leicht auf Betonwänden nieder. Durch beides erscheinen daher Betonwände oft feucht. Die Dichtheit verhindert eine angemessene Lüfterneuerung durch die Wandflächen, wie sie bei Räumen, die dem Aufenthalt von Menschen oder Tieren dienen, und die nicht mit besonderen Lüftungseinrichtungen versehen sind, erwünscht und erforderlich ist. Man hat daher vielfach die Flächen zwischen dem tragenden Eisenbetongerippe mit Füllungen aus einem mehr porigen, die Wärme schlecht leitenden und die Lüfterneuerung gestattenden Baustoff ausgefüllt. Bei Bauten mehr untergeordneter Art hat man unter anderem z. B. Gipsdielen hierzu verwandt. Den vorzüglichsten Baustoff bildet jedoch für solche Zwecke der gebrannte Ton in Form von Ziegelsteinen, die sich von jeher hierfür vorzüglich bewährt haben. Die Ziegel werden dabei in zweierlei Weise verwandt. Entweder wird vor das tragende Eisenbetongerippe nach aussen hin eine vollständige Mauer aus Ziegelsteinen vorgesetzt, so dass also in der Ansicht des Gebäudes die verwandte Konstruktion nicht in die Erscheinung tritt, oder so, dass nur die Räume zwischen dem Eisenbetonfachwerk mit der Ziegelmauer ausgefüllt werden. Die erstere Anordnung ist von grösseren Bauwerken, beispielsweise beim Bau des Lagerhauses in Strassburg, die zweite beim Bau der Daimlermotorenfabrik

in Untertürkheim angewandt worden. Beide Bauwerke, die für derartige Ausführungen in gewisser Weise vorbildlich geworden sind, wurden von der Firma Wayss & Freytag, Akt.-Ges., in Neustadt a. d. H., entworfen und hergestellt. Obwohl auch bei der ersten Anordnung, die man wohl nur angewandt hat, um dem Gebäude das gewohnte Aussehen zu belassen, die vorgesetzte Ziegelmauer ebenfalls nur schwach zu sein braucht, da die Lasten ja von dem hinterliegenden Eisenbetongerippe getragen werden, ist die zweite Anordnung doch noch zweckentsprechender und in bezug auf die Kosten vorteilhafter. Sie entspricht auch mehr dem in der Neuzeit wieder mehr zur Geltung kommenden Bestreben, auch in der Baukunst den falschen Schein zu vermeiden und beispielsweise das Aussehen der Gebäudefassaden mehr auf konstruktiver Wahrheit beruhen zu lassen. Uebrigens schrumpfen die mit Ziegelmauerwerk auszufüllenden Flächen oft auf ein sehr geringes Maß zusammen, namentlich bei mehrgeschossigen, tiefen Fabrikbauten, bei denen fast die ganze Wandfläche von den Fenstern eingenommen ist, die bis zur Unterkante der über die Deckenplatte liegenden Wandbalken reichen, so dass nur niedrige Brüstungsmauern und schmale Trennungs- und Umrahmungspfeiler zwischen und neben den Fenstern noch für das Ziegelmauerwerk übrig bleiben.

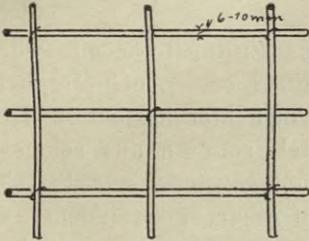
Im übrigen steht aber der Verwendung ganzer aus Eisenbeton hergestellter Umfassungswände nichts im Wege. Die oben angeführten Uebelstände derselben lassen sich teils vermeiden, z. B. durch eine innere Bekleidung mit schlecht wärmeleitenden Stoffen, teils kommen sie in Fortfall, z. B. bei Anordnung von Zentralheizungen und künstlichen Lüftungsanlagen. Dass sich ausserdem Eisenbetonbauwerke sowohl im Innern wie aussen auch recht wohlgefällig und praktisch gestalten und ausschmücken lassen, beweisen die ausgeführten Werke, wie z. B. das Justizgebäude in Landau, die St. Josephskirche in Würzburg, das Hauptbahnhofsgebäude in Nürnberg, das Armeemuseum in München, sowie das Warenhaus Tietz in derselben Stadt.

In bezug auf künstlerische ganz aus Eisenbeton hergestellte Fassaden liegen uns mustergiltige Beispiele von Bauwerken vor, die von der Firma Ed. Art & Co. in Wien ausgeführt worden sind. Dieselben sind ganz aus Eisenbeton hergestellt und zeigen den Beton ohne Verwendung von nachträglichem Putz, indem die ganze Fassade bei noch nicht völlig erhärteter Betonmasse nur von dem Steinmetzen und Bildhauer bearbeitet wurde. Das Verdienst, diese Art der Betonverwendung angeregt zu haben, gebührt dem Architekten Julius Mayreder. Beispiele bieten die von obiger Firma in Wien hergestellten Gebäude in der Bognergasse Nr. 5 und in der Windmühlengasse 20.

Dünne Trennungs- und Füllungswände erhalten oft nur eine Eiseneinlage in der Mitte. Dieselbe besteht, z. B. bei der Monierbauweise, aus horizontalen und vertikalen sich kreuzenden Stäben, die, wie bei den Platten, an den Kreuzungsstellen durch Bindedraht miteinander verbunden sind. Die Tragstäbe liegen dabei wagerecht, die Verteilungsstäbe senkrecht (Fig. 109 und 110). Ist die Wand nicht in ihrer ganzen Längenausdehnung von unten unterstützt, so erhalten die Tragstäbe auch eine nach oben gebogene Form, wie sie schon früher von dem Ingenieur Wayss angewandt worden ist. Die Stärke dieser Wände beträgt 5 bis 10 cm (Fig. 111). Solche Wände sind auch als Doppelwände mit eingeschlossener Luftisolierschicht ausgeführt. Bestehen die Pfeiler nicht eben-

falls aus Eisenbeton, so lässt man die 6 bis 10 mm starken, 7 bis 10 cm voneinander entfernten Tragstäbe 5 bis 10 cm tief in die Fugen des Ziegelsteinmauerwerks der Pfeiler eingreifen oder befestigt sie an eisernen Rahmen aus kleinen L- oder C-Eisen, die in Falzen des Pfeilermauerwerks angebracht werden.

Fig. 109.

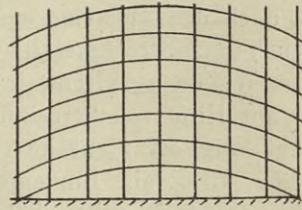


Monierwand.

Fig. 110.



Fig. 111.



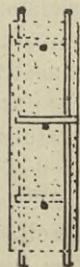
In der Regel legt man sowohl bei den Trag- wie bei den Verteilungsstäben in gewissen Abständen anstatt der dünneren Drähte stärkere Rundeisenstangen ein. Der Zwischenraum bei Doppelwänden beträgt etwa 10 bis 15 cm. Die äussere Wand wird in der Regel etwas stärker hergestellt als die innere (5 bis 6 und 3 bis 4 cm). Innere Wände dieser Art sind auch oft aus Schlackenbeton hergestellt, wodurch das an und für sich schon geringe Gewicht noch herabgemindert und die Möglichkeit geschaffen wird, Nägel einzuschlagen.

Ähnliche Wände sind nach der Rabitzbauweise ausgeführt. Die Eiseninlage besteht hier aus einem Drahtgewebe von etwa 1 mm starkem, verzinktem Draht mit ungefähr 20 mm weiten Maschen. Zur Umhüllung dieses Gewebes wird nur selten Zementmörtel oder Zementbeton verwandt. Meist braucht man eine Mischung aus Sand, Kalk, Gips und Kuhhaaren, die mit Leimwasser angemacht wird. Die Ränder des Gewebes werden zwischen Winkeleisen eingeklemmt und stark angespannt, auch durch stärkere Rundeisenstäbe noch versteift.

Nach der Bauweise Dégon erhalten die Wände ein oder zwei Lagen vertikaler Rundeisen und dazwischen in wagerechter Lage wellenförmig gebogene Rundeisen, die sich um die vertikalen Stäbe herumflechten.

Die Bauweise Hennebique legt in die Wände, die sich hier zur Aufnahme stärkerer Lasten eignen, Horizontalstäbe in die Mitte der Mauer, welche die vertikalen Biegemomente aufzunehmen haben. Ausserdem sind Vertikalstäbe abwechselnd in der Nähe der Vorder- und Hinterfläche der Wand zur Aufnahme der horizontalen Biegemomente angeordnet, so dass stets Einlagen zur Aufnahme der entstehenden Zugspannungen vorhanden sind, gleichgiltig, ob die horizontalen die Biegung erzeugenden Kräfte von der einen oder von der anderen Seite wirken. Die vertikalen Stäbe werden durch Flacheisenbügel umfasst, die sie mit der Betonmasse der anderen Wandseite verbinden. Die Wandstärke beträgt 5 bis 15 cm und mehr. Für dünne Trennungswände beträgt die Wandstärke ebenfalls nur 3 bis 5 cm. Die Anordnung der Einlage ist dann wie bei den Monierwänden. — Bei den belasteten Hennebiquewänden beträgt die Entfernung der Stäbe etwa 25 cm, ihre Stärke etwa 1 cm, wäh-

Fig. 112.



rend die Bügel aus 2 cm breiten und 1,5 mm starken Flacheisen bestehen (Fig. 112).

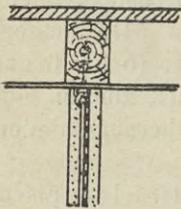
Die Wände der Bauweise Chaudy erhalten als Einlage Vertikalstäbe in der Nähe der Vorder- und Hinterfläche. Diese Stäbe werden von horizontalen, mäanderförmig gebogenen Rundeisen umschlungen.

Horizontale und vertikale Einlagen aus Rundeisen und angespannten Drähten benutzt auch die Bauweise nach Tesseract.

Auch das Streckmetall wird als Einlage für Eisenbetonwände verwandt. Dünnere Wände erhalten eine, stärkere zwei Einlagen. Auch Doppelwände werden mit Hilfe von Streckmetall konstruiert. Auch hier besteht in der Regel die Umhüllung oft nicht aus Portlandzementmörtel, sondern aus solchem, der Kalk oder Gips als Bindemittel enthält. Trennungswände aus Streckmetall werden auch oft zwischen hölzernen Deckenbalken eingezogen, indem zwischen den Balken beider Stockwerke in Abständen von 30 bis 80 cm vertikale Rundeisenstäbe befestigt werden, an welche das Streckmetall mittels Bindedraht angeheftet wird.

Die Streckmetalltafeln umschlingen dann die Rundeisenstäbe so, dass diese abwechselnd vor und hinter dem Streckmetall liegen. Bei Holz- oder Eisenfachwerkwänden werden die Tafeln auch unmittelbar an den Ständern und Riegeln des Fachwerks befestigt (Fig. 113). Reichen die Ständer und Riegel zur Befestigung nicht aus, so werden zwischen denselben zunächst wieder vertikale Rundeisenstäbe befestigt, an die die Tafeln dann angeheftet werden.

Fig. 113.



Wie bei den Decken werden auch bei den Wänden nach verschiedenen Bauweisen einzelne Tafeln u. dergl. vorher in der Werkstatt hergestellt, die dann an Ort und Stelle auf einem Gerippe aus Rundeisenstäben zusammengefügt werden.

Säulen. Bei Pfeilern, Säulen u. dergl. besteht die Einlage meist aus vertikalen Rundeisen, die in der Nähe der Aussenflächen hauptsächlich an den Ecken, bei grösserem Querschnitt und stärkeren Lasten auch an den Seitenwänden angeordnet werden. Die Querschnitte der Säulen sind meist quadratisch, doch kommen auch rechteckige Querschnitte vor, wie z. B. bei den Wandpfeilern der monolithischen Bauweise, wobei die längere Rechteckseite dann meist die Richtung des zu unterstützenden Balkens oder Unterzuges hat. Auch kreisförmiger Querschnitt wird häufig angewandt und eignet sich am besten für die Bauweise des unten näher besprochenen „spiralumschnürten Betons“, während die besondere Anordnung solcher Umschnürungen nach dem System des italienischen Ingenieurs A. Maciachini sich für alle vieleckigen Querschnitte ebensogut eignet wie für quadratische und rechteckige.

Die Eiseneinlagen unterstützen den Beton in der Aufnahme der Druckkräfte bei zentraler Belastung, sie verhindern ein Einknicken und nehmen die durch Biegungsspannungen entstehenden Zugspannungen auf, wie sie bei exzentrischen Belastungen und durch die steife Verbindung zwischen Säulen und Balken bei einseitiger Belastung letzterer auftreten können.

Eine grosse Rolle spielen hier die Querverbindungen zwischen den Stäben. Sie sollen einmal ein Einknicken des einzelnen Eisenstabes verhindern, werden daher in ihren gegenseitigen vertikalen Abständen so zu bemessen sein, dass

ein solches Einknicken nach dem auf den einzelnen Stab im ungünstigsten Falle entfallenden Lastanteil nicht eintreten kann. Die Querverbindungen verhindern ferner die Bildung von Längsrissen im Beton, die durch das Knickbestreben der vertikalen Eiseneinlagen hervorgerufen werden kann. Da mit der durch die vertikale Belastung der Säule veranlassten Verminderung der Länge eine Vergrößerung der horizontalen Querschnittsabmessungen verbunden ist, verhindern die Quereinlagen letztere und erhöhen so bedeutend die Druckfestigkeit des Betons sowie eine Zerstörung desselben durch diesen Druck. Am wirksamsten sind in dieser Beziehung die sogenannten Umschnürungen, auf die wir weiter unten näher eingehen werden.

Die gewöhnlichen Quereinlagen bestehen aus Flacheisen, Rundeisen, starkem Draht oder Bandeseisen.

Die ältere Hennebiquebauweise wandte als Querverbindung 2,5 bis 3 mm dicke Flacheisen von einer Breite gleich etwa drei Rundstabdurchmessern an. Dieselben sind durchlocht und werden von oben auf die vertikalen Haupteinlagestäbe aus Rundeisen aufgeschoben (Fig. 114). Da durch die Flacheisen der Zusammenhang des Betons in ziemlich grossen Flächen unterbrochen wird, so dass hier und zwar in unmittelbarer Nähe der Aussenflächen nur die Haftfestigkeit zwischen Beton und Eisen den Zusammenhang aufrecht erhält und eine Rissbildung leicht eintreten kann, sind später von Hennebique die Flacheisen durch Rundeisen ersetzt, welche die vertikalen Rundeisenstäbe umschlingen. Auch andere Bauweisen, wie z. B. die von Wayss, verwenden solche Querverbindungen aus Rundeisen von etwa 7 bis 10 mm Stärke. In der Regel umgeben dieselben in Schlingenform die Vertikaleinlagen je einer Seite der Säule (Fig. 115). Bei

Fig. 114.

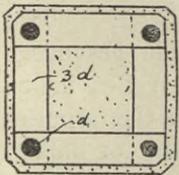


Fig. 115.

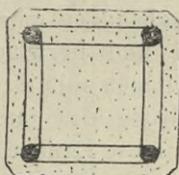


Fig. 116.

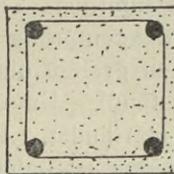


Fig. 117.

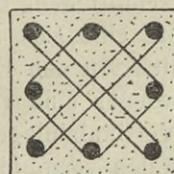
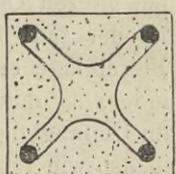


Fig. 118.



grösseren Säulenquerschnitten gehen sie auch in diagonaler Richtung von Ecke zu Ecke, oder sie umschlingen ausserdem auch noch die in der Mitte der Querschnittsseiten liegenden Hauptstäbe. Ebenso können diese Querverbindungen auch sämtliche Vertikalstäbe von aussen umschlingen (Fig. 116 und 117). Nach der Bauweise Dégon bestehen die Querverbindungen zwar auch aus Rundeisen. Dieselben sind aber, wie Fig. 118 zeigt, nach innen gebaucht, so dass die Quereinlage ein diagonal liegendes Kreuz bildet. Die Bauweise Boussiron verwendet in der Form der Schlingen dieselben Querverbindungen wie Hennebique, Wayss usw. Diese bestehen hier aber nicht aus Rundeisen, sondern aus hochkantig gestellten Flacheisen. Die Gesamtquerschnittsfläche der Vertikaleisen beträgt in der Regel 2 bis 3% vom Säulenquerschnitt. Die gegenseitige Entfernung der Querverbindungen soll nach den „Bestimmungen“ nicht mehr betragen, als den 30fachen Durchmesser der Vertikalstäbe, während die „vorläufigen Leitsätze“ als grössten gegenseitigen Abstand derselben den Säulendurchmesser

angenommen hatten. Der Abstand der Querverbände soll nach den „Bestimmungen“ annähernd der kleinsten Abmessung der Stütze entsprechen, wenn diese Abmessung nämlich kleiner als das Dreissigfache der Stärke der Längsstäbe ist.

Der Stoss der Vertikaleisen wird in einer der bereits oben erwähnten Weisen gesichert. In der Regel wird über die sich berührenden Enden der Rundeisen ein Gasrohrstück als Muffe geschoben.

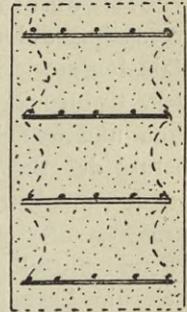
Eine andere Form der Quereinlage besteht bei den von Considère erfundenen Bauweise des spiralumschnürten Betons, von dem Erfinder „béton fretté“ genannt. Diese wird nicht nur bei Säulen, sondern auch bei Balken, Rohren usw. angewandt. Sie besteht darin, dass in der Nähe der Aussenfläche Rundeisen oder Drähte in spiralförmigen Windungen in die Betonmasse eingebettet werden, wodurch in sehr wirksamer Weise ein Ausweichen der Betonmasse verhindert wird. Die Spiralen erhalten etwa  $\frac{1}{7}$  des Säulendurchmessers als Ganghöhe. Considère fand, dass die Spiralen 2,4mal mehr wirken für die Festigkeit der Säule als dieselbe Eisenmenge in Form von Vertikalstäben. Andere Versuche, die von der Materialprüfungsanstalt der Kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart auf Ersuchen der Firma Wayss & Freytag, die das Ausführungsrecht für Deutschland erworben hat, angestellt wurden, haben die obige von Considère angegebene Zahl ziemlich genau bestätigt. Considère gibt ferner an, dass die Würfefestigkeit des nicht mit Einlage versehenen Betons durch die Umschnürung um 50 v. H. vermehrt wird. Längseinlagen aus Rundeisen sind auch beim spiralumschnürten Beton zweckmässig vorhanden. Ihr Gesamtquerschnitt soll so bemessen werden, dass das Gewicht der vertikalen Einlagen nicht unter  $\frac{1}{3}$  desjenigen der Umschnürung beträgt.

Abweichend von der Considère'schen Umschnürung erfand und verwendet Maciachini eine solche, bei welcher der Draht oder das Rundeisen nicht um den ganzen Querschnitt geht und sämtliche Vertikalstangen umschliesst, sondern bei der jede Seite eine sich schlangenförmig hin und herwindende besondere Quereinlage erhält. An den Ecken greifen die Einlagen mit ihren Wellen ineinander, so dass wieder eine vollständige Umschnürung des ganzen Querschnitts am Umfang der Vertikaleinlagen stattfindet. Auch diese Einlage wird für Balken ebenso wie für Säulen verwandt. Man ist dabei von der Gestalt des Querschnitts vollständig unabhängig, so dass jeder quadratische, rechteckige und vieleckige Querschnitt damit versehen werden kann. Ausserdem kann diese Einlage der Aussenfläche möglichst nahe gerückt werden, während bei der spiralförmigen Umschnürung, wo diese im Grundriss stets kreisförmig anzuordnen ist, an den Säulenecken stets ein grösserer Abstand bis zur Aussenfläche vorhanden ist. Auch das Einstampfen der Einlage ist bei der Umschnürung nach Maccachini nicht so schwierig, wie bei der nach Considère, wo leichter eine Verschiebung der Einlage sowohl in vertikaler wie in horizontaler Richtung eintreten kann. Bei der ersteren lässt sich bei Balken und Säulen auch z. B. bei quadratischem Querschnitt die Einlage für drei Seiten bequem gleich vor dem Einstampfen für die ganze Länge einbringen, während sie für die vierte Seite bei Balken erst angebracht zu werden braucht, wenn die Form fast vollgestampft ist, bzw. bei Säulen nach und nach dem Einstampfen des Betons entsprechend (Fig. 65—68).

Endlich kann eine blosse Querarmierung der Säulen angewandt werden, bestehend aus Netz- oder Gitterwerk von dünnen Stäben oder Drähten (Fig. 119).

Dieselbe hat den Zweck, auch bei grösseren Höhen der Säule die sogenannte Würfelstabilität des Betons auszunutzen, indem sie die horizontalen und schrägen Spannungen aufnimmt. Die Entfernung der Netze voneinander muss dann mindestens gleich der kleinsten Seite des Säulenquerschnitts sein.

Fig. 119.



Aehnlich wie bei Platten, Balken usw. können die Haupteinlagen auch bei Säulen aus L- oder anderen kleinen Profileisen bestehen, die durch angenietete Flacheisen u. dergl. zu einem festen Gitterpfeiler miteinander verbunden sind. Solche Einlagen halten sich dann selber während des Einstampfers des Betons in der richtigen Lage und vermögen auch schon allein wenigstens geringe Lasten zu tragen. Im allgemeinen werden sie weit seltener angewandt als Einlagen aus einzelnen Rundeisenstäben.

Weit häufiger dagegen sind Säulen aus stärkeren einzelnen oder zusammengenieteten Profileisen, die mit Beton umhüllt oder umstampft sind. Hier soll meist die Eisenkonstruktion die vollen Lasten allein aufnehmen, während die Betonumhüllung nur zum Schutz gegen die Angriffe des Feuers und gegen die Rostbildung vorhanden ist. Entweder werden diese Säulen mit Beton umhüllt, der in eine Schalung eingestampft wird, oder es werden auch nur Drahtgewebe, Streckmetall u. dergl. um die Eisenkonstruktion gespannt und mit einer Zementmörtelschicht eingehüllt und verputzt (Fig. 120). Das Innere ist dann oft hohl. Zwischen der eisernen Säule und der Umhüllung befindet sich zuweilen eine Luftisolierschicht. Auf diese Weise werden gusseiserne Säulen ebenso eingehüllt, wie solche aus schmiedbarem Eisen.

Wenn auch hier in vielen Fällen die Festigkeit der Eisenkonstruktion durch den Beton erhöht oder unterstützt wird, so ist dies doch meist nicht beabsichtigt und alle diese Anordnungen gehören nicht zum eigentlichen Eisenbetonbau.

Endlich werden von der Bauweise Matrai gebogene Drahtseile als Einlage benutzt (Fig. 121 und 122). Diese nehmen von der Druckspannung natürlich überhaupt nichts auf, sondern können nur gegen Biegungsspannungen u. dergl. wirken. Ausser diesen Drahtseilen sind zuweilen kleine Winkeleisen in den Ecken des Querschnitts angeordnet, deren Enden die Seile bogenförmig verbinden.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass Säulen ebenso wie Balken usw. vorher in der Werkstatt angefertigt und dann fertig nach dem Bau gebracht und hier aufgestellt werden können. In solcher Weise werden z. B. Säulen nach der Bauweise Visintini gefertigt und verwandt. Die Konstruktion ist dieselbe wie bei den Visintinibalken. Es tritt hier nur an den Enden ein Säulenkopf bzw. Säulenfuss hinzu, die etwas verbreitert sind, um

Fig. 120.

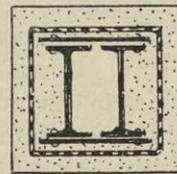


Fig. 122.

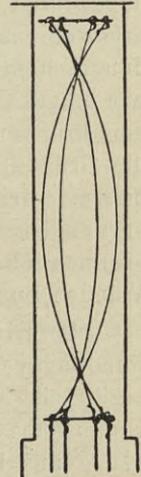
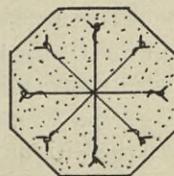


Fig. 121.



den Druck besser aufzunehmen bzw. zu übertragen, und gitterförmige Quereinlagen aus Flacheisen u. dergl. erhalten.

### Gründungen.

**Allgemeines.** Die Gründungen bezwecken, dem Bauwerk eine sichere unverrückbare Lage zu geben, die aus dem Eigengewicht derselben, aus den Nutzlasten sowie aus seitlich angreifenden Beanspruchungen (Winddruck, Wasserdruk, Erddruck, Gewölbeschub) herrührenden Kräfte auf den Baugrund zu übertragen und örtliche Senkungen und damit die Entstehung von Rissen sowie den Einsturz des Bauwerks zu verhindern.

Je nachdem der gute, tragfähige Baugrund sich schon bald unter der Erdoberfläche oder erst in grösserer Tiefe vorfindet, unterscheidet man unmittelbare und mittelbare Gründungen. Bei den ersteren kommt es darauf an, den durch die Last des Bauwerks ausgeübten Druck auf eine grössere, der Tragfähigkeit des Baugrundes angemessene Fläche zu übertragen. Diese Tragfähigkeit ist im allgemeinen bedeutend geringer als die zulässige Beanspruchung der Baustoffe, aus denen die Mauern, Pfeiler usw. hergestellt sind. Für mittelguten Baugrund rechnet man durchschnittlich mit einer Tragfähigkeit von 2,5 kg/qcm. Wenn man auch diese Zahl bei sehr festem Boden, Fels u. dergl. zuweilen erheblich erhöhen kann, so ist in vielen Fällen doch mit einer bedeutend geringeren Tragfähigkeit von etwa 1 kg/qcm und noch weniger zu rechnen. Es müssen daher in den meisten Fällen die Mauern, Pfeiler usw. an ihrem Fusse, mit dem sie auf dem Boden aufstehen, eine Verbreiterung erfahren, so dass hier Gründungsplatten zur Verwendung kommen. Liegt der gute, tragfähige Baugrund erst in grösserer Tiefe, so sucht man ihn durch einzelne Pfeiler, Pfähle, Brunnen u. dergl. zu erreichen, die man oben durch Balken, Gurtbögen, Platten oder Gewölbe miteinander verbindet. Bei Pfählen und Brunnen wird die Tragfähigkeit dann erhöht durch die Reibung, welche diese Bauteile an dem umgebenden Erdreich erfahren. Für die Ausführung in Eisenbeton kommen für unmittelbare Gründungen namentlich Platten, gegebenenfalls durch Rippen oder Balken verstärkt, sowie umgekehrte Gewölbe zur Verwendung, für mittelbare Gründungen Pfähle und Senkbrunnen. Die Grundformen für die Anordnung der Eiseneinlagen sind für die Gründungsplatten dieselben, wie wir sie für Deckenplatten kennen gelernt haben. Bei den Eisenbetonpfählen kommen die ähnlichen oder gleichen Anordnungen vor wie bei Pfeilern und Säulen, während die Einlagen der Senkbrunnen ebenso angeordnet werden, wie dies bei Eisenbetonrohren bzw. bei Wänden aus Eisenbeton geschieht.

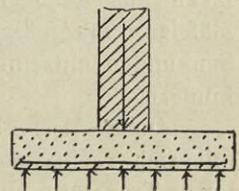
**Unmittelbare Gründungen.** Bei allen Gründungen treten bei Verwendung von Eisenbeton sehr erhebliche Vorteile zutage. Bei Fundamentplatten ergibt sich eine grosse Ersparnis an Baustoff, wozu sich noch Ersparnisse an Erdaushub, Wasserbeseitigung und Zeit gesellen. Stellt man die Gründungsplatte aus Beton ohne Eiseneinlage oder aus Mauerwerk her, so muss dieselbe sehr dick gemacht werden, da dieselbe keine Zugspannungen aufnehmen kann und der Druck sich nur allmählich unter einem Winkel von etwa 45 bis 60° von der Breite des Pfeilers oder der Mauer auf die untere notwendige Breite der Platte verteilt. Oder man muss nach und nach von der Breite der Mauer oder des Pfeilers zu der Grundbreite der Platte übergehen durch eine angemessene

Abböschung oder durch Absätze des Gründungsmauerwerks. Daraus ergibt sich nicht nur ein bedeutend grösserer Rauminhalt des letzteren, sondern auch oft eine grössere Tiefe, bis zu welcher man mit der Sohle der Platte hinabgehen muss und folglich mehr Erdarbeiten. Oft ist man dann genötigt, bis tief in das Grundwasser hinabzugehen, wodurch weitere Kosten wegen Wasserbewältigung u. dergl. erwachsen. Die Eisenbetonplatte dagegen, welche auch Zugkräfte oder Biegungsspannungen aufzunehmen vermag, braucht nur eine verhältnismässig viel geringere Stärke zu erhalten. Sie gewährt also Ersparnis an Beton bzw. Mauerwerk und ebenso an Erdarbeiten. Ferner können hier die Arbeiten oft im Trocknen ausgeführt werden, da kein so tiefes Hinabgehen in den Boden nötig ist.

Wie schon oben erwähnt, können die Gründungsplatten ganz wie Deckenplatten behandelt werden. Ueber die Lage und notwendige Stärke der Eiseneinlage verschafft man sich Klarheit, wenn man die Gründungsplatten als Platten betrachtet, die von unten durch den Widerstand des Baugrundes gleichmässig belastet sind, während für sie die Belastungen der Mauern oder Pfeiler die Stützdrücke bilden. Die Gründungsplatten liegen entweder nur unter den Mauern und Pfeilern, oder sie erstrecken sich unter das ganze Gebäude. Sie sind dann zwischen den Pfeilern und Säulen oft durch Balken verstärkt. Letztere treten der statischen Beanspruchung der ganzen Gründungsplatte nach zweckmässig nach oben vor, also umgekehrt wie bei den Deckenplatten, da dann die Platte mit der Verstärkungsrippe als einheitlicher Plattenbalken angesehen und berechnet werden kann. Da aber die Oberfläche der Gründungsplatte zugleich oft als Kellerfussboden dienen oder doch wenigstens den Kellerfussbodenbelag unmittelbar aufnehmen soll, so werden die Verstärkungen auch oft unterhalb der Platte angebracht, wobei man bei standfähigem Boden noch die Einschalung derselben erspart. Durchgehende Gründungsplatten werden angewandt bei grossen Belastungen und geringer Tragfähigkeit des Baugrundes, sowie zur Abhaltung des Grundwassers von Kellerräumen. Für letzteren Zweck, sowie zur guten Druckübertragung auf grössere Flächen eignen sich auch gut umgekehrte Gewölbe.

Handelt es sich um die Gründungsplatte einer Mauer, so kann die Hälfte der Platte bis zur Mittellinie der Mauer als eine zwischen Mauer und darunterliegendem Boden einseitig eingespannte Platte betrachtet und behandelt werden, die, von unten gleichmässig auf ihre freie Länge verteilt, eine fortlaufende Belastung durch den Widerstand des Baugrundes erfährt. Sie wird am freien Ende nach oben hin durchgebogen. Es treten also umgekehrt wie bei einer einseitig eingespannten Deckenplatte unten Zug- und oben Druckspannungen auf. Bei Anwendung von Einzeleinlagen sind diese daher senkrecht zur Längsrichtung der Mauer und möglichst nahe der Unterfläche in den Beton einzubetten (Fig. 123). Bei durchlässigem Boden und Wasserandrang ist man oft gezwungen, mit der Eiseneinlage etwas höher zu gehen, um sicher zu sein, dass dieselbe innig in gutem, nicht verunreinigtem oder ausgewaschenem Beton eingebettet wird. Aus demselben Grunde pflastert man oft die Baugrubensohle zunächst mit einer Packlage ab, die dann mit Zementmörtel vergossen wird. Bei stärkeren Gründungsplatten greifen Bügel und dergl., welche die Einlageeisen um-

Fig. 123.



fassen, in der gleichen Weise in die Druckzone des Betons, wie bei den Deckenplatten.

Bei den Bauweisen, die gitter- oder netzartige Einlagen verwenden (Monier usw.), liegen in diesem Falle die Tragstäbe unten, die rechtwinklig dazu gerichteten Verteilungsstäbe darüber.

Alle gitterwerkartigen Einlagen können hier ebenso Verwendung finden wie bei den Decken, so z. B. auch Einlagen aus Streckmetall.

Im allgemeinen werden die Gründungsplatten viel stärker beansprucht als die Deckenplatten. Schon bei einer Beanspruchung des Baugrundes von nur 1 kg/qcm erhält man für das Quadratmeter eine gleichmäßig verteilte Belastung von unten her von 10000 kg, die bei einer Beanspruchung von 2,5 kg/qcm auf 25000 kg steigt. Daher ist man in der Regel genötigt, stärkere Einlagen und engere Zwischenräume zwischen denselben anzuwenden, als bei Deckenplatten. Werden die Querschnitte der einzelnen Einlagen zu gross oder ihr gegenseitiger Abstand so eng, dass ein ordentliches Einstampfen des Betons nicht mehr stattfinden kann, so bringt man auch zwei Einlagennetze in geringem Abstand übereinander an (Fig. 124).

Einlagestäbe in der Längsrichtung der Mauer dienen nicht nur als Verteilungsstäbe, sondern oft auch zur Aufnahme der Zugkräfte, welche durch Biegungsspannungen in dieser Richtung entstehen. Dies ist z. B. der Fall, wenn die Mauer durch Türöffnungen unterbrochen wird oder wenn der Baugrund keine gleichmäßige Tragfähigkeit besitzt. Im ersteren Falle ist die Platte unter der Türöffnung als ein Balken zu behandeln, der an beiden Enden unterstützt und über seine ganze Länge von unten gleichmäßig belastet ist, oder auch als ein ebenso belasteter, an den Auflagern eingespannter Balken, so dass die Einlage dem Wechsel des Vorzeichens der Biegemomente entsprechend ihren Platz unter und in der Nähe der als Auflager dienenden Mauern unten, im mittleren Teil

Fig. 124.

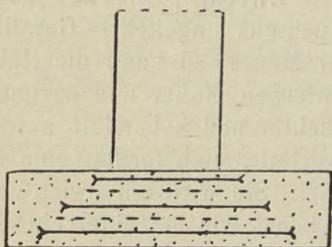
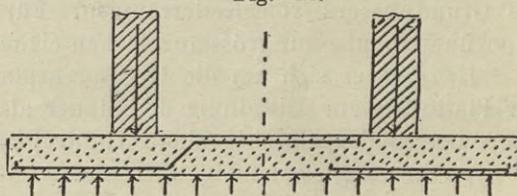


Fig. 125.



der Türöffnung dagegen oben in der Platte erhält. Auch hier können wieder sämtliche Anordnungen der Einlage angewandt werden, die wir bei eingespannten oder über mehrere Stützen in einem Stück weglaufende Platten und Balken kennen gelernt haben, wie z. B. durchgehende Einlagen oben und unten, Einlagen aus gebogenen oder geknickten Stäben usw. (Fig. 125).

Bei ungleichmäßiger Tragfähigkeit des Baugrundes sollen die Längseinlagen die örtlichen Senkungen einzelner Mauerteile und damit die Entstehung von Rissen usw. verhindern.

Quadratische Platten unter freistehenden Säulen und Pfeilern sind ebenfalls mit sich rechtwinklig kreuzenden Einlagen zu versehen. Hier sind beide Einlagen Tragstäbe und daher gleich stark zu machen (Fig. 126 bis 131).

Wie schon erwähnt, wendet man auch häufig durchgehende Gründungsplatten unter dem ganzen Bauwerk an, namentlich bei wenig tragfähigem Baugrunde, oder wenn diese Platte zugleich zur Abhaltung des Grundwassers oder als Kellerfußboden dienen soll. In der Richtung der Säulenstellungen werden dann oft balkenartige Verstärkungen angewandt, die über oder unter der Platte hervortreten. Die Einlagen sind hier ebenfalls nach denselben Grundsätzen an-

Fig. 126.

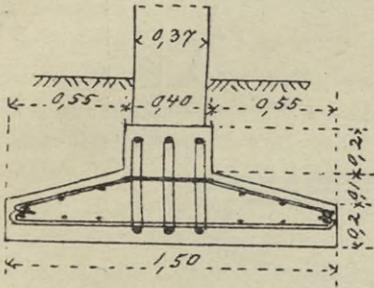


Fig. 127.

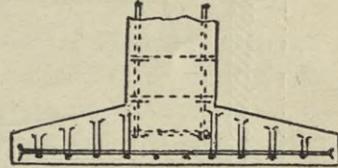


Fig. 130.

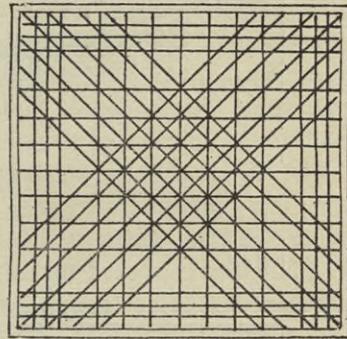


Fig. 128.

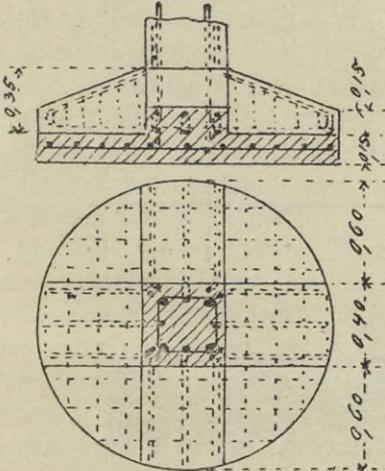


Fig. 129.

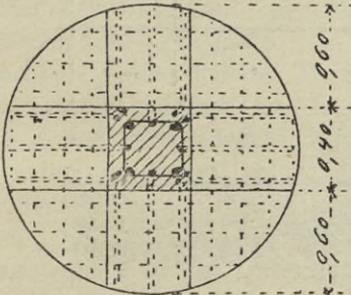
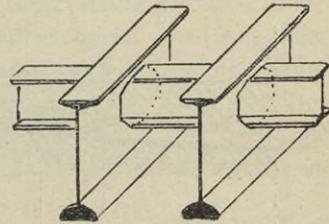


Fig. 131.



zuordnen, die bei den durchgehenden Deckenplatten und Deckenbalken klargelegt wurden, nur haben die Einlagen hier eine umgekehrte Lage, d. h. sie sind im mittleren Plattenteil hauptsächlich in der Nähe der Oberfläche, unter und in der Nähe der Stützen in der Nähe der Unterfläche erforderlich. Die über die Umfassungsmauern hinwegragenden Plattenteile sind wie umgekehrte ausgekragte oder einseitig eingespannte Platten zu behandeln.

Ebenso wie horizontale Platten hat man auch umgekehrte Gewölbe mit Eiseneinlage bei Gründungen benutzt, sowohl zur Druckübertragung wie auch zur Abhaltung des Grundwassers (Fig. 132 bis 134). Solche Gewölbe bilden auch oft den Boden von auf dem Erdboden aufruhenden oder in denselben eingelassenen Sammelbrunnen, Wasserleitungsreservoirs, Klärbassins, Abortgruben, Gasometerbassins sowie von Behältern, Gruben und Kanälen der verschiedensten Art, wie

sie in Gerbereien, Zucker- und Papierfabriken und anderen gewerblichen Anlagen sowie als Reinigungsgruben und dergl. in Lokomotiv- und Wagenschuppen vorkommen.

Je nach der Gestalt des Grundrisses und der Anordnung der die Gewölbe-  
widerlager bildenden Mauern und Säulen oder Pfeiler haben diese Gewölbe die

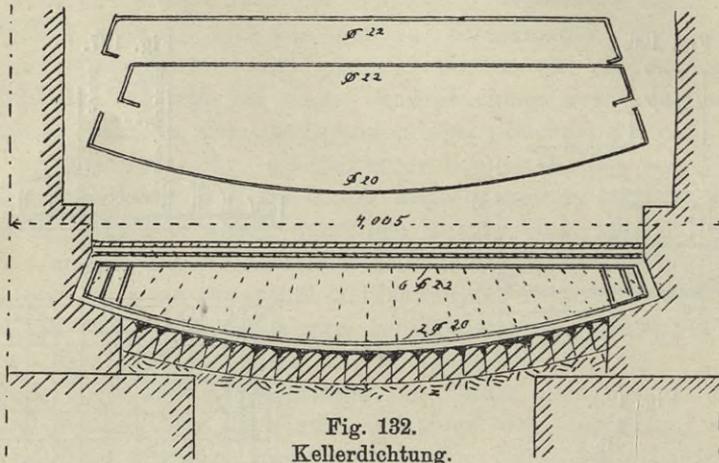


Fig. 132.  
Kellerdichtung.

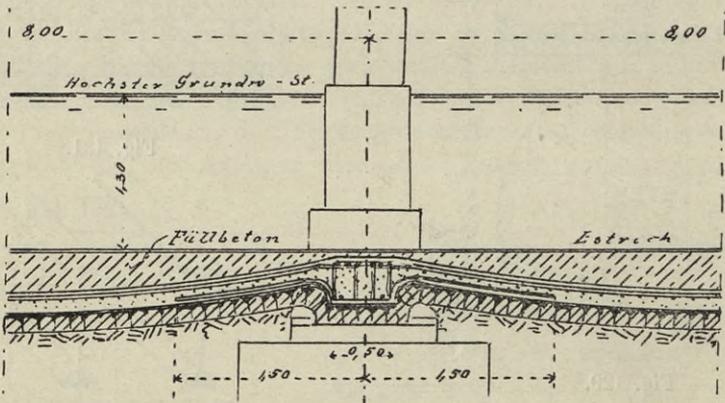


Fig. 133.  
Kellerdichtung.

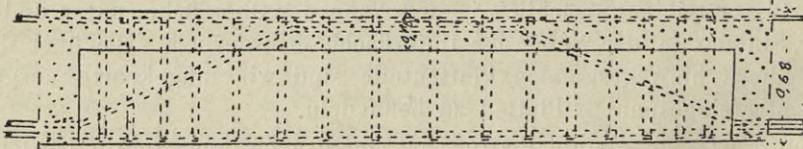


Fig. 134.

Form von umgekehrten flachen Kappen oder von umgekehrten flachen Kugel- oder Kreuzgewölben. Ist die Abhaltung des Grundwassers der Hauptzweck für ihre Anordnung, so erhalten diese Gewölbe oft nur eine verhältnismäßig geringe

Stärke. Der Raum über der Gewölbeleibung wird dann zum Schutz des Gewölbes und bei Kellerfussböden, um eine horizontale Fläche zu erhalten, oft mit einer Schicht aus magerem Beton wagerecht ausgefüllt und abgeglichen (Fig. 133).

Die Einlagearten sind dieselben, wie sie für gewölbte Decken üblich sind. Für flache Gewölbe zur Grundwasserabhaltung eignen sich z. B. Moniereinlagen, während für Druckübertragung z. B. Einlagen nach Hennebique in Gebrauch sind, bei denen die in der Zugzone liegenden Eiseneinlagen durch Bügel umfasst werden, welche in die Druckzone des Betons reichen und mit ihren umgebogenen Enden verankert sind (Fig. 134).

Schliesslich sind hier noch die Gründungen auf Eisenbetonschwellrost zu erwähnen, bei denen mehrere Lagen sich kreuzender Träger oder Schienen in den Beton eingebettet werden. Diese Gründungsart ist namentlich in Amerika bei grossen Belastungen und wenig tragfähigem Baugrund viel angewandt worden und hat auch bei uns seit längerer Zeit vielfache Anwendung gefunden. Vorteilhaft ist diese Gründungsart namentlich, wenn man billige alte Träger oder Schienen verwenden kann. In der Regel liegen mehrere Lagen von Trägern übereinander, deren Länge nach oben hin abnimmt (Fig. 124). Auch nach Art hölzerner Schwellroste werden die Träger als Quer- und Langschwellen dabei angeordnet. Bei Wasserandrang und wenig festem Boden muss man hier wie bei anderen Plattengründungen mit besonderer Sorgfalt verfahren, damit namentlich die untere Einlage noch völlig in gutem Beton eingebettet wird. Oft empfiehlt sich Abrammung des Baugrundes sowie eine Einrammung von Steinen. Die untere Betonschicht bis zur ersten Einlage wird hier meist stärker zu nehmen sein, als es sonst bei Decken und anderen Arbeiten im Trocknen geschieht. Meist liegt unter der Unterkante der untersten Einlage noch eine Betonschicht von 15 bis 30 cm und noch mehr.

Auch die früher bei den Decken schon erwähnten Bulbeisen der Bauweise Pohlmann eignen sich zur Armierung grosser Betonfundamentplatten, bei denen entweder grosse Stützendrucke auf das Erdreich übertragen werden sollen, oder wo bei sehr schlechtem Baugrund der Druck auf denselben ohne allmähliche Fundamentverbreiterung übertragen werden soll. Es wird dann ein Rost von Bulbeisen in die Zugzone der Betonplatte verlegt, und durch die Lochungen der Bulbeisen werden in der Querrichtung kleinere  $\perp$ -Träger oder alte Eisenbahnschienen gesteckt (Fig. 131).

Diese Anordnungen gehören genau genommen nicht zum eigentlichen Eisenbetonbau. Es sind hier die Träger bzw. Schienen die eigentlich tragenden Teile, während der Eisenbeton mehr die Stelle des Bohlenbelages eines hölzernen Schwellrostes vertritt und zum Schutze der Träger gegen Rost dient. Es ist hier ähnlich wie bei selbsttragenden eisernen Säulen und Pfeilern, bei denen die Betonumhüllung ebenfalls nur zum Schutze der Säulen gegen Feuer und Rost diente.

Es wurde schon weiter oben erwähnt, dass auch schwächere Einlagen zu mehreren übereinander angeordnet werden. Von Hennebique sind in dieser Weise Bandedeisenlagen verwandt in sich kreuzenden Schichten und nach oben hin kürzer werdend (Fig. 124).

Auch vollständige zusammengenietete Gitterträger haben als Einlage schon Verwendung gefunden, obwohl im Tiefbau mehr als im Hochbau. Hier kommt man fast immer damit aus, die die Platten verstärkenden Rippen sowie die als

Widerlager für umgekehrte Gewölbe dienenden die Säulenfundamente verbindenden Träger als Eisenbetonbalken mit Rundeiseneinlage in derselben Weise wie für Deckenträger zu konstruieren (Fig. 134).

Mittelbare Gründungen. Bei den mittelbaren Gründungen liegt der gute, tragfähige Baugrund in der Regel in grösserer Tiefe. Er wird durch Pfeiler, Ramppfähle oder Senkbrunnen erreicht, die entweder die Lasten der Wandpfeiler oder freistehenden Säulen unmittelbar aufnehmen und auf den tragfähigen Baugrund übertragen, oder die oben durch Balken, Gurtbogen oder durchgehende Platten miteinander verbunden sind und auf diese Weise die Lasten von Mauern, Kellerfussböden usw. empfangen.

Pfeiler. Auch bei nicht tiefliegendem Baugrund ist für durchgehende Wände, Umfassungsmauern u. dergl. oft nur eine Gründung durch einzelne Pfeiler notwendig, die dann oben durch gemauerte Bögen oder durch Bögen oder Träger aus Eisenbeton zu verbinden sind, um die Lasten der Wände auf die einzelnen Gründungspfeiler zu übertragen. Zweckmässig ist diese Gründungsart bei der oben empfohlenen Ausführungsweise für Wohngebäude, Fabriken usw., bei der die Umfassungswände aus einem in Eisenbeton hergestellten festen Gerippe aus Pfeilern und diese verbindenden Wandbalken bestehen, dessen Flächen dann nach Bedarf durch eine nicht weiter belastete und daher schwache, etwa ein Stein starke Ziegelsteinwand ausgefüllt werden. Namentlich empfiehlt sich diese Anordnung bei der Gründung auch dann, wenn unterkellerte Räume nicht vorhanden sind. Ein Beispiel bietet das von der Firma Wayss und Freytag in Neustadt an der Haardt ausgeführte Fabrikgebäude der Daimlermotorenfabrik in Untertürkheim bei Stuttgart.

Ramppfähle. Bei den Gründungen auf eingerammten Holzpfählen hat man zunächst das hölzerne Schwellwerk und den Bohlenbelag durch eine Betonplatte ersetzt, in welche die Pfahlköpfe etwa 30 cm tief eingriffen. Hierdurch hatte man sich wenigstens in bezug auf die Platte vom Wasserstand in der Baugrube sowie vom tiefsten Grundwasserstande unabhängig gemacht. Die Kosten wurden verringert und man konnte die Platte auch herstellen, ohne etwa vorhandenes Wasser aus der Baugrube vorher beseitigen zu müssen. Diese Platten konnten in ihrer Stärke bedeutend geringer gehalten werden, wenn man sie mit einer Eiseneinlage versah. Diese Eiseneinlage kann die verschiedenen Querschnitte und Anordnungen erhalten, die wir bei den Deckenplatten und bei den Gründungsplatten kennen gelernt haben. Oft wird der Druck auf den Baugrund auch unmittelbar durch die Platten übertragen und die unter denselben noch angeordneten Pfähle haben dann den Zweck, die geringe Tragfähigkeit des Bodens durch die durch das Einrammen entstehende Verdichtung zu erhöhen. Auskragungen über die Fundamentfläche hinaus können hier ebenso ausgeführt werden wie bei gewöhnlichen Deckenplatten.

Endlich hat man auch die bisher verwandten hölzernen Ramppfähle selber durch solche aus Eisenbeton ersetzt und sich dadurch von dem Grundwasserstande oder von dem Stande des freien Wassers völlig unabhängig gemacht, während man mit den hölzernen Pfählen stets ein gewisses Mass (30 cm) unter dem niedrigsten Wasserstande bleiben musste. Bei Bauten am Meere fällt ausserdem die Zerstörung durch Bohrwürmer fort, unter welcher hölzerne Pfähle an vielen Stellen in hohem Masse zu leiden haben. Da der Grundwasserstand

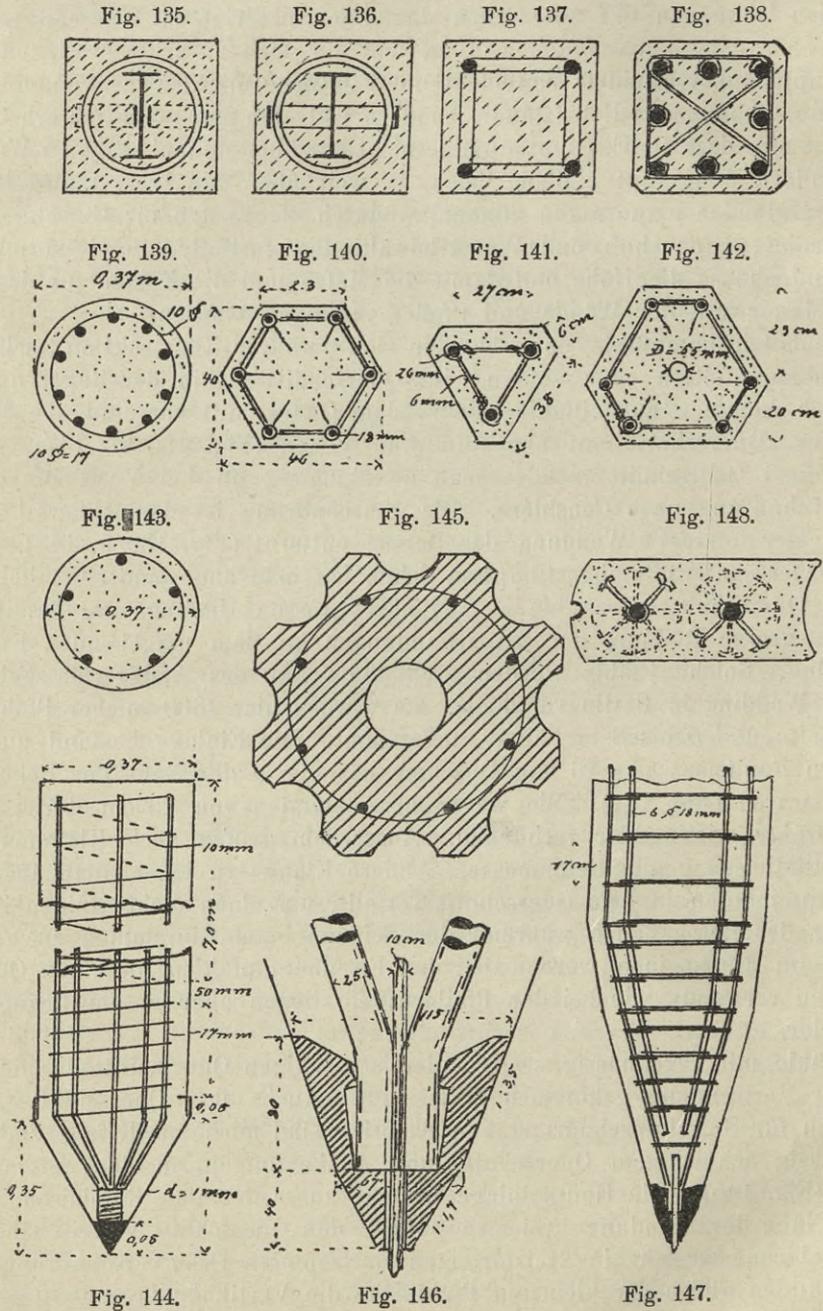
mit der Zeit beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist, indem die zuströmenden Wassermengen geringer werden oder künstliche Senkungen durch Anlage von Kanälen, Kanalisationen u. dergl. eintreten, so fallen hölzerne Pfahlroste oft schon bald nach ihrer Herstellung der Zerstörung durch Fäulnis anheim, obgleich sie ursprünglich genügend tief unter dem damaligen niedrigsten Wasserstand angelegt wurden. Bei Verwendung von an und für sich natürlich viel teureren Eisenbetonpfählen vermeidet man nicht nur sämtliche mit der Verwendung von Holzpfählen verbundenen Uebelstände, sondern es treten meist dadurch erhebliche Ersparnisse ein, dass die Eisenbetonpfähle nicht nur über den niedrigsten Wasserstand, sondern überhaupt beliebig hoch, ja weit über den Wasserspiegel oder über den Erdboden emporragen können, wodurch die Kosten für Umschliessung der Baugrube, Erdaushub und Wasserbewältigung fortfallen oder vermindert werden und ebenso die Höhe und damit die Mafse und die Kosten für das aufgehende Mauerwerk der Wände und Pfeiler verringert werden.

Eisenbetonrammpfähle unterscheiden sich in ihrer Konstruktion nicht viel von Eisenbetonpfeilern oder -säulen. Ihr Querschnitt ist in der Regel quadratisch, doch kommen auch Pfähle mit rundem Querschnitt vor und ebenso mit dreieckigem Querschnitt mit abgestumpften Ecken (Fig. 135 bis 147). Einen kreisförmigen Querschnitt wendet man zweckmässig an bei Verwendung von Spiralumschnürung nach Considère. Die Umschnürung ist dann überall gleich weit von der äusseren Wandung des Betons entfernt (Fig. 139 u. 143). Dreieckigen Querschnitt mit abgestumpften Ecken hat man angewandt, um bei einer gewissen Querschnittsgrösse einen möglichst grossen Umfang und damit eine möglichst grosse Reibung der Seitenwandungen an dem umgebenden Erdreich zu erzielen. Solche Pfähle wurden z. B. beim Bau des Amtsgerichtsgebäudes auf dem Wedding in Berlin verwandt. Es wurden hier 1800 solcher Pfähle mit 50 cm Seite und 5 bis 8 m Länge eingerammt. Die Einlage bestand aus drei vertikalen Rundeisen von 26 mm Durchmesser, die in der Nähe der Ecken eingebettet waren (Fig. 141). Sie waren in Abständen von 25 cm durch 5 mm starke Drähte miteinander verbunden. Ausserdem griffen noch Klammern von den Vertikaleisen in die Betonmasse. Andere Klammern lagen unabhängig von den Haupteinlagen in dem Querschnitt verteilt, um einen recht innigen Zusammenhang des Betons auch während der Schläge beim Einrammen zu gewährleisten. Im allgemeinen werden bei den Eisenbetonpfählen dieselben Querverbindungen verwandt, wie bei den Pfeilern; sie liegen aber in der Regel enger aneinander.

Pfähle mit regelmässig sechs- oder achteckigen Querschnitten sind ebenfalls zur Verwendung gekommen (Fig. 140). Auch diese Querschnitte eignen sich noch für Spiralumschnürung. In Amerika sind auch mit Erfolg Pfähle mit regelmässig achteckigem Querschnitt und Auskehlungen an den Seiten angewandt (Fig. 145). Die Haupteinlage besteht aus vertikalen Rundeisen, welche in der Nähe der Wandung kreisförmig über den Querschnitt verteilt sind. Die Querarmierung besteht in kreisförmigen horizontalen Drahtverschnürungen, die in Abständen gleich der kleinsten Pfahldicke die Vertikalstäbe umschlingen.

Die Figuren 139, 143 und 144 zeigen einen 7 m langen Eisenbetonpfahl mit Spiralumschnürung. Die Einlage besteht aus 10 vertikalen Rundstangen von 10 mm Durchmesser, die Umschnürung aus 5 mm starkem Eisendraht mit 50 mm

Ganghöhe der Spiralen. Im Kopf des Pfahles hat man nur die Hälfte der Vertikaleisen verwandt, dafür aber die Ganghöhe der Spirale um die Hälfte verringert. Das obere Pfahlende steckt ausserdem noch in einer 1 mm dicken



Blehhülse. Der Pfahldurchmesser betrug 37 cm. Solche Pfähle wurden bei Vilvorde in Belgien verwandt.

Entsprechend dem ziemlich bedeutenden Pfahlgewicht von bis zu etwa 400 kg pro lfd. m kommen bei Eisenbetonpfählen Rammen mit recht beträchtlichem Bärge­wicht, nämlich von 1500 bis 4000 kg, zur Verwendung. Um ein Zertrümmern des Pfahlkopfes zu verhindern, hat man bei den eben beschriebenen spiralumschnürten Pfählen eine Holzjungfer auf den Pfahlkopf aufgesetzt. Heute wendet man für diesen Zweck meist eine eiserne oder stählerne Schlaghaube an, wobei der Zwischenraum zwischen der Oberfläche des Pfahlkopfes und der Haube mit Stoffen, wie Sand, Sägespänen, Bleiplatten, Holzplatten u. dergl., ausgefüllt wird, um den Schlag gleichmässig zu verteilen. — Durch solche Schlaghaube geschützt konnten Pfähle von 1600 qcm Querschnitt etwa 200 Schläge mit einem 4000 kg schweren Ramm­bären bei 2 m Fallhöhe aushalten, ohne darunter zu leiden.

Die Spitze der Pfähle ist ebenfalls sehr verschiedenartig ausgebildet worden (Fig. 144, 146 u. 147). Man hat sie beispielsweise mit einem quadratischen hohlen Eisenschuh umgeben, der mittels Lappen weiter oben in den Beton hineingriff. Die Vertikalstäbe sind auch unten zusammengeführt und aneinander oder unter Einfügung eines mittleren, spitzen Runddorns zu einer Spitze zusammengeschweisst worden.

Sehr bewährt hat sich die von der Firma Ed. Züblin in Strassburg gewählte Anordnung, bei der die vertikalen Rundeisen unten in einen Schuh aus Stahlguss geführt und durch einen eingetriebenen, spitzen Dorn fest gegen dessen innere, etwas unterschrittene Wandungen angetrieben werden (Fig. 146 u. 147).

Von derselben Firma sind auch mit bestem Erfolg Eisenbetonpfähle zum Teil mittels Wasserspülung eingesenkt worden. Dies geschah beispielsweise bei Rammarbeiten auf dem Bahnhof zu Metz, woselbst der Untergrund teils aus lockerem Sande, teils aus festen Lettenschichten bestand. Die Pfähle hatten den umstehenden Querschnitt (Fig. 142) und waren zur Leitung des Spülwassers mit einem in der Pfahlahse sich befindenden Spülrohr versehen, in welches das Wasser je nach Beschaffenheit des zu durchdringenden Bodens mit einem Druck bis zu acht Atmosphären eingepresst wurde. In dem durch das Spülwasser aufgelockerten Boden sanken die Pfähle schon durch ihr Eigengewicht etwas ein. Durch leichte Schläge mit dem Ramm­bären wurde dieses Einsinken beschleunigt. Sobald der Pfahl die Letteschicht erreicht, hört die Spülung auf, und das Einsenken erfolgt nun nur durch die kräftigen Schläge mit dem Ramm­bären. Das Bärge­wicht betrug 4000 kg, die Fallhöhe 1,20 m. Pfähle, die 1,40 m durchschnittlich in die Lette eingedrungen waren, zeigten bei der letzten Hitze ein Eindringen von 12 mm und konnten mit 120 t belastet werden, ohne dass sie weiter in den Boden drangen, so dass sie eine zulässige Belastung von 45 bis 60 t aufnehmen konnten. Man ersparte auf diese Weise viel Arbeit und Zeit, denn während durch blosse Rammung ein Pfahl etwa 450 Schläge erforderte, brauchte man bei der Wasserspülung nur 10 bis 40 leichte Schläge und dann zum Festrammen in der Letteschicht 80 bis 100 kräftige Schläge. Es wurden an genannter Stelle etwa 3000 Pfähle gerammt, von denen nur etwa 15 Stück während des Rammens zerbrachen.

Wie bei den Säulen kommen auch bei den Eisenbetonpfählen starke Einlagen vor, von denen die Fig. 135 und 136 ein Beispiel geben mögen.

Spundbohlen werden in ähnlicher Weise aus Eisenbeton hergestellt wie die Pfähle. Ein Beispiel liefert die Fig. 148.

Die Pfähle aus Eisenbeton sind schon in bedeutenden Längen angewandt, z. B. beim Bau des Hauptbahnhofes in Hamburg bis zu 12 m mit einem quadratischen Querschnitt von 36 cm Seite und armiert mit vier Rundeisen von 25 mm Durchmesser, welche in Entfernungen von 25 cm durch 8 mm starke Drähte verbunden sind.

Beim Bau eines Lagerhauses in Rotterdam wandte man sogar Pfähle von 20 m Länge an. Im allgemeinen werden die Pfähle vorher fertig gestampft und zwar zur Vermeidung hoher Transportkosten in möglicher Nähe der Verwendungsstelle. Man stampft die Pfähle stehend oder liegend. Erstere Art erfordert zwar grosse Gerüste und ist umständlicher, aber bedeutend besser, und der statischen Beanspruchung auch während des Rammens entsprechender. Die letztgenannten Pfähle werden zunächst in einer Länge von 11 bis 12 m hergestellt und eingerammt und dann um 8 bis 9 m an Ort und Stelle verlängert, um schliesslich nach völliger Erhärtung ganz eingerammt zu werden. Die Pfähle hatten hier einen dreieckigen Querschnitt von 40 cm Seite mit abgestumpften Ecken und leicht eingebuchteten Seiten. Die Verlängerung der Pfähle geschieht in ähnlicher Weise wie beim Aufeinandersetzen der Säulen. Der Kopf muss auf eine gewisse Strecke in seiner Betonmasse zertrümmert werden; dann werden die neuen Einlagerundeisen neben die alten gestellt, mit Bindedraht verbunden und nach Säuberung der Betonoberfläche, Annässen derselben usw. wird der neue Beton in der angebrachten Schalung weiter aufgestampft. Bei den Rammarbeiten in Rotterdam hat man über die Stossstelle eine 80 cm lange und 50 mm dicke Hülse geschoben, die neuen Stäbe mit den freigelegten alten verbunden, die Hülse voll Beton gestampft und dann nach Anbringung der Schalung den oberen Pfahl weiter angefertigt.

Auch auf Holzpfähle hat man Eisenbetonpfähle aufgepfropft, um z. B. an Kosten zu sparen, indem man den beständig im Grundwasser befindlichen Pfahl aus Holz machte und nur das obere Ende, das abwechselnd der Nässe und Trockenheit ausgesetzt war, aus dem teureren Eisenbeton fertigte. Das Aufpfropfen geschieht in verschiedener Weise, z. B. nach Verfahren, die Th. Möbus in Charlottenburg durch Gebrauchsmuster geschützt sind, so, dass der Eisenbetonpfahl sich stumpf auf den hölzernen aufsetzt. Zur besseren Druckverteilung ist eine 1 mm starke Blechplatte auf den Pfahlkopf gelegt, der noch durch einen umgelegten Ring gegen Aufplatzen geschützt ist. Die Einlage des Eisenbetonpfahls besteht aus vier kleinen  $\perp$ -Eisen, die durch diesen Ring gehen und auf etwa 1 m Länge an dem Holzpfahl befestigt sind (Fig. 149 und 150). Gegen Rosten können diese Winkeleisenenden noch durch Umhüllung mit einem Drahtnetz und Zementverputz geschützt werden. Bei einer anderen Anordnung wird der Eisenbetonpfahl, der dann in gewöhnlicher Weise mit Rundeiseneinlage versehen ist, an seinem unteren Ende auf etwa 1 m Länge hohl hergestellt und über den sauber bearbeiteten Kopf des hölzernen Pfahles geschoben. Die Verbindung wird durch Schraubenbolzen bewirkt, welche durch die augenförmig ausgearbeiteten Enden einiger Rundeisenstäbe und durch den Pfahl gehen<sup>1)</sup> (Fig. 151 und 152).

<sup>1)</sup> H. Lückemann, Der Grundbau. Berlin 1906. Wilhelm Ernst & Sohn.

Auch Schraubenpfähle hat man aus Eisenbeton hergestellt.

Schliesslich mögen noch eine Reihe von Gründungsarten erwähnt werden, die zwar nicht zum eigentlichen Eisenbetonbau gehören, bei denen aber doch zum grossen Teil die Baustoffe Eisen und Beton zur Verwendung kommen.

Hierher gehören zunächst betonumhüllte eiserne Pfähle. Wie man eiserne Säulen sowohl aus Guss- wie aus Schmiedeeisen, die so bemessen sind, dass sie allein die Lasten zu tragen imstande sind, zum Schutz gegen Feuer und Rostbildung mit Beton oder Zementmörtel umhüllt hat, hat man auch Pfähle ganz oder in ihrem oberen Teil mit einem Betonmantel umgeben, um sie gegen Rost zu schützen. Es sei hier ein Verfahren genannt, welches die „Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg“ in Nürnberg beim Bau eines Landungssteges im deutschen Schutzgebiet Togo zuerst anwandte und welches dieser Gesellschaft durch D. R. P. geschützt ist. Für den Bau des genannten Landungssteges war die Aufgabe gestellt, die eisernen Pfähle bis zum Meeresgrunde durch einen Schutzmantel gegen Rost zu schützen. Es wurden

Fig. 149.

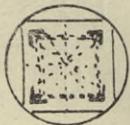
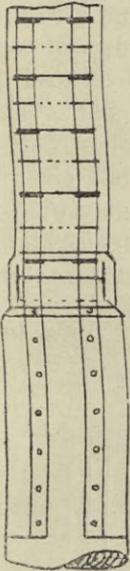


Fig. 150.

Fig. 151.

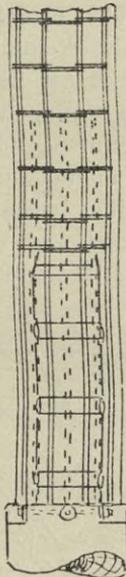
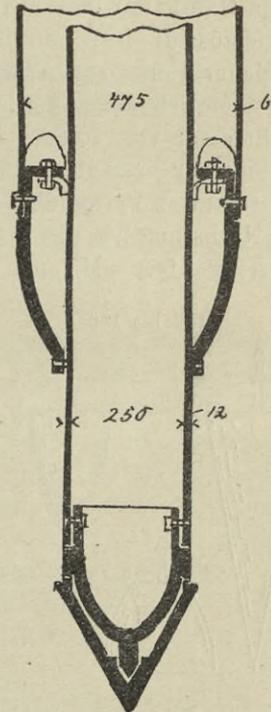


Fig. 152.

Fig. 153.



die eigentlichen Tragpfähle, welche aus geschweissten Stahlröhren von 25 cm Durchmesser und 12 mm Wandstärke bestanden, mit einem zweiten, 47,5 cm weiten und 6 mm starken, Rohr zentrisch umgeben. Dieses Mantelrohr ist unten mit einem kugelförmigen gusseisernen Schuh versehen, welcher zweiteilig ist. Die Kegelbasis desselben ist fest mit dem Mantelrohr verbunden, während die Kegelspitze mit dem Basisteil nur lose durch dünne Nieten vereinigt ist (Fig. 153). Zunächst wurde nur das Mantelrohr auf eine Tiefe von etwa 2 m eingerammt

und dann das innere eigentliche Tragrohr eingeführt. Der Schuh des letzteren legt sich in die Kegelspitze des Mantelrohrs. Wird nun das Tragrohr eingerammt, so werden die schwachen Nieten, welche die Kegelspitze mit der Basis verbinden, abgeschert; die Spitze dringt mit dem Tragrohr weiter in den Boden, während die Basis am Mantelrohr verbleibt und so den ringförmigen Hohlraum zwischen diesem und dem Tragrohr unten abschliesst. Ein völliger Abschluss wird noch durch einen Gummistulp erzielt, der an der Basis innen befestigt ist und das Tragrohr dicht umschliesst, so dass in den genannten Hohlraum weder Sand noch Wasser von unten eindringen kann. Nach dem Einrammen wurden Mantel wie Tragrohr mit Beton ausgestampft und je drei der schräg eingerammten Pfähle oben durch eine Kopfplatte verbunden, von der Winkeleisen als Verankerung in die Betonmasse der Tragrohre etwa 1 m tief hinabreichen.

Auch die Methode Dulac, nach welcher man Betonpfeiler in die Erde einrammt, sucht man auf den Eisenbetonbau anzuwenden, indem man diese Betonpfeiler mit einer Eiseneinlage versieht. Die Dulac'sche Methode besteht darin, dass man von hohen Rammen (Baugrundstößelrammen von Menk & Hambrock, Altona-Hamburg) bei etwa 12 m Fallhöhe eigentümlich geformte Rammhären (Grundstößel) frei herabfallen lässt. Es kommen nacheinander Stößel verschiedener Form zur Anwendung (Fig. 154 bis 157). Der erste Stößel ist mit einer ziemlich schlanken, kegelförmigen Spitze versehen und hat oben einen Durchmesser von 70 cm. Der zweite ist unten eiförmig abgerundet. Sein oberer Durchmesser beträgt 65 cm. Der dritte endlich besitzt die Gestalt einer hohlen abgestumpften Pyramide. Das Gewicht eines jeden Stößels beträgt etwa 1500 kg. Zum Nachstampfen des Betons dient endlich noch ein Bär mit abgeflachter Unterseite (Fig. 156). Mit den erstgenannten Bären abwechselnd wird zunächst ein

Fig. 154 bis 156.

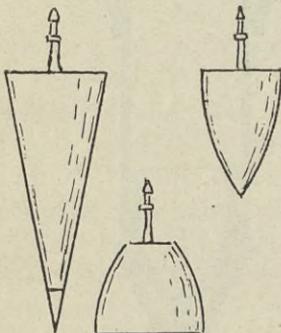


Fig. 157.

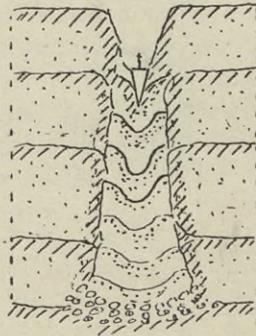


Fig. 158.

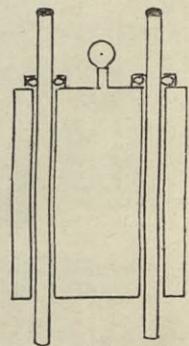
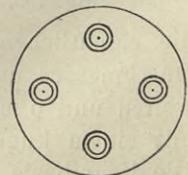


Fig. 159.



Loch bis auf den tragfähigen Baugrund getrieben. Die Seitenwände des Bodens werden zusammengepresst und dadurch standfähig (Fig. 157). Bei Wasserandrang kann man etwas Tonboden einfüllen und in und gegen die Seitenwände pressen. Ebenso wird der später eingefüllte und schichtenweise eingerammte Beton in die Seitenwände gepresst, so dass die entstehenden Betonpfeiler nach unten eine kegelförmige Verbreiterung zeigen, wodurch eine gewisse Verankerung des Bauwerks mit dem umgebenden Erdreich entsteht. Da diese Betonpfeiler auch mit Eiseneinlage

versehen werden können, haben wir die Methode hier mit zur Sprache gebracht. So ist z. B. von der Gesellschaft „Lolat-Eisenbeton“ Patentanspruch erhoben auf einen Rammstößel zum Stampfen von Betonpfeilern mit Eiseneinlagen, dadurch gekennzeichnet, dass der Rammstößel mit Bohrungen zum Durchstechen der Eiseneinlagen versehen ist, und dass erforderlichenfalls zur Vermeidung von Klemmungen an dem Stößel geeignete Führungen angeordnet sind, mittels derer sich der Stößel an den Eiseneinlagen führen kann (Fig. 158 und 159).

Bei anderen Gründungsarten verwendet man Rohre, die eingerammt und mit Beton gefüllt werden, worauf die Rohre wieder herausgezogen werden. („Simplex“-Pfähle, „Raymond“-Pfähle, Betonpfähle nach System Strauss.) Auch hier steht nichts im Wege, solche Betonfüllungen mit Eiseneinlage zu versehen.

Zur Berechnung der Tragfähigkeit eines eingerammten Pfahles kann man die Brix'sche Formel benutzen, welche lautet:

$$P = \frac{H}{n \cdot e} \cdot \frac{Q^2 \cdot G}{(Q + G)^2}$$

Hierin bezeichnet:

P die zulässige Belastung des Pfahles in kg,

H die Fallhöhe des Rammhärens in cm,

e die Tiefe in cm, um welche der Pfahl beim letzten Schlage oder durchschnittlich bei jedem Schlage der letzten Hitze noch in den Boden eingedrungen ist,

Q das Bärgewicht in kg,

G das Pfahlgewicht in kg,

n ist ein Sicherheitsgrad und je nach der Beschaffenheit und Gleichmässigkeit oder Ungleichmässigkeit des Bodens sowie nach der Wichtigkeit des Bauwerks gleich 2 bis 5 zu setzen.

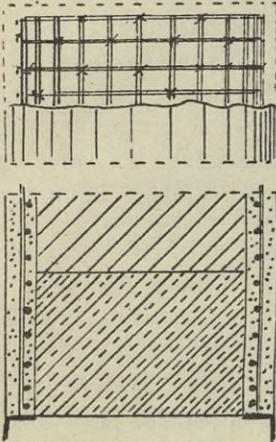
Senkbrunnen. Senkbrunnen aus Eisenbeton werden in derselben Weise sowohl zur Wassergewinnung wie für Gründungen angewandt, wie solche aus Mauerwerk. Sie erfordern wegen ihrer geringen Wandstärke von oft nur 7 bis 10 cm verhältnismässig wenig Material und bei gleicher innerer nutzbarer Querschnittsfläche auch weniger Erdaushub. Entweder werden sie an Ort und Stelle in einem Stück angefertigt oder auch vorher in der Werkstatt in Gestalt einzelner Ringe, die dann dem Fortschritt des Einsenkens entsprechend aufeinander gesetzt werden. Nach dem Verfahren des Berner Ingenieurs Paul Simons werden auch Schachte abgeteuft, mit Eisenbeton ausgefüllt und letzterer dann, dem Fortschritt des Erdaushubs entsprechend, unten stückweise verlängert. Der Querschnitt der Brunnen ist meist kreisförmig, jedoch auch rechteckig. Die Anordnung der Eiseneinlage entspricht völlig der der Eisenbetonrohre. Es werden angewandt Moniereinlagen, Einlagen von vertikalen Rundeisen mit spiralförmiger Drahtumschnürung, Horizontaleinlagen mit  $\square$ -förmigem Querschnitt usw.

Bei Hochbauten beträgt der Durchmesser kreisförmiger Brunnen durchschnittlich 1,5 bis 2,5 m. Bei Tiefbauten kommen erheblich grössere Durchmesser vor.

Die Senkbrunnen erhalten nach unten hin einen Anlauf von etwa 1 : 20, um das Einsenken zu erleichtern. Die äusseren Wandungen werden glatt mit Zementmörtel verputzt. Unten versieht man sie mit einer eisernen Schneide, an der die Vertikaleinlagen zweckmässig befestigt werden können. Die gegenseitige

Entfernung der Drähte der Moniereinlagen beträgt höchstens 10 cm. Der innere Boden wird ausgegraben oder bei genügender Weite des Brunnens durch Vertikalbagger entfernt. Ist der tragfähige Baugrund erreicht, so wird der Brunnen in der Regel mit Beton ausgefüllt. Bei Vorhandensein von Grundwasser kann man

Fig. 160 bis 162.



die Sohle zunächst durch eine fettere Betonschicht (1:4) von etwa 1,5 m Dicke schliessen, dann nach Erhärtung derselben das Wasser auspumpen und den oberen Raum mit magerem Beton ausstampfen (Fig. 160 bis 162). Oben werden die Brunnen durch Platten oder Träger aus Eisenbeton miteinander verbunden und hierauf die Wände und Säulen des Gebäudes errichtet.

Erwähnt mag hier werden, dass auch im Bergwerksbau Holzkonstruktionen von Schächten und Wetterscheidewänden für Tiefen von mehreren hundert Metern mit bestem Erfolge durch Konstruktionen aus Eisenbeton ersetzt worden sind<sup>1)</sup>.

#### Dächer.

Allgemeines. Die Dächer zeigen in ihrer Konstruktion die grösste Aehnlichkeit mit den Decken. Es finden daher auch hier fast alle Bauweisen Verwendung, die wir bei den Decken, den Unterzügen, Trägern und Säulen erwähnt haben. Wie bei den Decken können auch hier besondere Dachstühle, Sparren und Pfetten aus Eisen oder seltener aus Holz Verwendung finden, oder es wird das ganze Dach einschliesslich der tragenden Teile aus Eisenbeton hergestellt. Ebenso können die ganzen Dächer an Ort und Stelle hergestellt werden, oder man verwendet auch vorher in der Werkstatt hergestellte Teile z. B. als Füllungsplatten. Auch kann das ganze Dach aus solchen vorher hergestellten Stücken bestehen, wie z. B. die Dächer nach der Bauweise Visintini, die aus dicht nebeneinander gelegten Gitterträgern dieses Systems bestehen.

Von den Decken unterscheiden sich die Dächer zunächst durch eine in der Regel viel geringere Belastung, die meist nur aus dem Eigengewicht besteht, wozu bei flacheren Dächern die Schneelast, bei steileren der Winddruck kommt. Letzterer erzeugt horizontale Beanspruchungen der Wände oder Stützen. In ähnlicher Weise können die Wände durch den Gewölbeschub bei gewölbten Dächern beansprucht werden, wenn dieser Schub nicht durch geeignete Konstruktionsteile aufgenommen wird, z. B. durch Zugstangen bei Tonnendächern oder durch Ringe aus Eisen oder Eisenbeton bei Kuppeln.

Werden die tragenden Teile aus Eisen hergestellt, so kann die Feuersicherheit wie bei den Decken durch eine Beton- oder Zementmörtelummhüllung dieser Teile herbeigeführt werden.

Da im allgemeinen die Belastungen der Dächer verglichen mit denen der Decken nur geringe sind, so erhalten jene verhältnismässig geringe Stärken und

<sup>1)</sup> Beton und Eisen 1906, Seite 189 und 217.

es können namentlich in Eisenbeton weite Räume überspannt werden, ohne oder mit nur wenig Mittelstützen, so dass sich die bedeckten Räume vorzüglich ausnutzen lassen.

Wesentlich unterscheiden sich die Füllungsplatten der Dächer von denen der Decken dadurch, dass sie unmittelbar dem Einfluss der Witterung ausgesetzt sind. Das Dach soll undurchdringlich für die Niederschläge sein und in vielen Fällen auch möglichst gegen die äusseren Temperaturschwankungen schützen. Der Beton allein bildet keine genügende Sicherheit für die Wasserdurchlässigkeit. Die Dächer sind daher fast immer mit einer wasserdichten Abdeckung versehen, wozu sich fast alle Dacheindeckungsarten eignen. Zur Isolierung der Dachräume gegen die äussere Temperatur hat man eine untere Verkleidung der Dachfläche angewandt, so dass sich eine isolierende Luftschicht zwischen dieser Verkleidung und der oberen eigentlichen Dachplatte eingeschlossen befindet. Bessere Erfolge hat man noch mit einer auf die Dachplatte aufgebrachten Lage von Korksteinen oder Korkplatten erzielt oder durch Aufbringung einer stärkeren Schicht von Schlacken- oder Bimsbeton. Bei flachen Holzzementdächern wird eine solche Isolierung schon durch die oben aufgebrachte Kiesschicht erreicht. Bims- und Schlackenbeton sind überhaupt für Dachfüllungsplatten mehr angewandt worden als für Deckenplatten. Abgesehen von dem geringeren Gewicht bilden sie eine poröse Masse, welche die Bildung von Schwitzwasser an der Innenfläche der Dächer besser verhindert als anderer Beton. Schlackenbeton bindet langsamer ab und gestattet auch nach der Erhärtung noch gut das Nageln, so dass z. B. eine Schiefereindeckung unmittelbar auf dem Schlackenbeton festgenagelt werden kann, was bei anderem Beton nur in der ersten Zeit nach dem Einstampfen geschehen kann, so lange die Masse noch nicht völlig erhärtet ist.

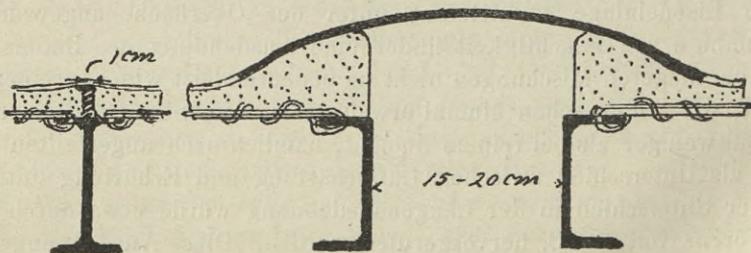
Die der Einwirkung der Witterung sehr ausgesetzte Lage der Dachplatte bringt aber auch für den Beton selber Nachteile mit sich, die besonders durch den Temperaturwechsel sowie durch den Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit hervorgerufen werden. Da der Beton sich wie jeder andere Körper bei erhöhter Temperatur ausdehnt und bei Kälte zusammenzieht, können Ausbauchungen der Dachfläche eintreten, Schub auf die tragenden Wände und Zugspannungen auf der oberen Seite, die der Sonnenbestrahlung unmittelbar ausgesetzt ist und also mehr ausgedehnt wird als die Unterseite der Dachplatte. Um die hieraus entspringenden Nachteile zu beseitigen, hat man die Dachplatte als auf den Wänden frei auflagernd konstruiert und zuweilen auch eine zweite, wenn auch schwächere Eiseneinlage unmittelbar unter der Oberfläche angewandt. Auch durch Aufnahme von Feuchtigkeit findet eine Ausdehnung des Betons statt, die allerdings bei mageren Mischungen nicht so bedeutend ist wie bei reinem Zement. Sie beträgt, wie früher schon einmal erwähnt, bei Zementmörtel in der Mischung 1 : 3 viermal weniger als bei reinem Zement, nämlich nach angestellten Versuchen 0,5 mm/m als Unterschied zwischen Lufterhärtung und Erhärtung unter Wasser. Ein gleicher Unterschied in der Längenausdehnung würde etwa durch eine Temperaturdifferenz von 40° C. hervorgerufen werden. Diese Ausdehnungen und Zusammenziehungen, letztere namentlich in der Zeit bis zum völligen Erhärten und Austrocknen des Betons, rufen leicht eine Rissbildung in letzterem hervor, die jedoch schon durch die Eiseneinlage sehr abgeschwächt und auf ein wenig schädliches Mafs zurückgeführt wird, weil die entstehenden Risse durch die Einlage

mehr über die ganze Fläche verteilt werden, so dass sie meist nur sehr klein bleiben. Weitere Mittel zur Verhinderung oder Unschädlichmachung der Risse bestehen in der Vermeidung zu fetter Betonmischungen, in der Bedeckung flacher Holzzementdächer mit einer genügend starken Kiesschicht, so dass die Dachfläche der unmittelbaren Wirkung der Sonnenstrahlen entzogen wird, in dem Ausführen der Arbeit bei mittlerer Ortstemperatur, in der Verwendung von möglichst beschränkter Anmachewassermenge, in der guten Mischung und dem festen Einstampfen des Betons und in der Vermeidung unmittelbarer scharfwinkliger Uebergänge von einem starken Querschnitt in einen schwachen.

Nächst diesen Vorsichtsmassregeln bildet die Anwendung sogenannter Ausdehnungs- oder Dilatationsfugen das beste Mittel, eine Bildung schädlicher Risse völlig zu verhindern. Hierbei werden in Entfernungen von etwa 15 m absichtlich in den Konstruktionen der Platten Fugen gelassen, die dann durch Asphalt oder bei grösserer Breite durch starke Streifen von Dachpappe u. dergl. geschlossen werden. In vollkommener Weise sind diese Ausdehnungsfugen z. B. bei den schon oben erwähnten, von der Firma Wayss & Freytag, Neustadt a. d. Haardt erbauten Fabrikgebäude der Daimler-Motorenfabrik in Untertürkheim angewandt worden. Das Gebäude ist 131 m lang und 46 m breit. Die Hauptträger liegen in der Querrichtung des Gebäudes und werden in Abständen von 5,5 m von Säulen gestützt. Die Querträger sind 2,5 m voneinander entfernt. In der Längsrichtung geht eine Ausdehnungsfuge durch die Mitte des Gebäudes und verschiedene andere in der Querrichtung in Abständen von 15 bis 30 m und zwar nicht nur durch die Decken- und Dachplatte, sondern auch durch sämtliche Träger, so dass diese in den über die letzte Stütze hinwegragenden Enden als Konsolträger zu konstruieren waren. Auf der Dachfläche waren neben der Fuge erhöhte Betonstreifen angeordnet, die durch Zinkstreifen oben abgedeckt wurden. Alle Fugen wurden dichtschiessend hergestellt. Sie öffneten sich beim Austrocknen des Betons bis zu 6 mm, was als bestes Zeichen für die Notwendigkeit ihrer Anordnung angesehen werden kann. Solche Ausdehnungsfugen sind dann auch mit bestem Erfolge bei vielen anderen Bauten angewandt worden. Beim Bau einer grossen Fabrikhalle der Heidelberger Portlandzementfabrik wurden alle 10 m Fugen von 1 cm Breite über den als Sparren dienenden  $\perp$ -Trägern angeordnet, die mit Asphalt geschlossen wurden (Fig. 163). Breitere Fugen von 15 bis 20 cm wurden alle 40 m angewandt, woselbst statt der  $\perp$ -Träger je ein

Fig. 163.

Fig. 164.



$\perp$ -Eisen zu jeder Seite dieser Fuge verlegt wurde. Darüber waren erhöhte Betonwulste angeordnet und die Fuge selber wurde durch einen Streifen starker Dachpappe geschlossen (Fig. 164).

Je nach dem Zweck der bedeckten Räume, nach dem Grundriss, nach der beabsichtigten Wirkung ihres inneren oder äusseren Aussehens und nach der zur Verwendung kommenden Eindeckungsart erhalten die Dächer ebene oder gebogene Dachflächen. Die ebenen Dachflächen liegen entweder ganz oder annähernd wagerecht oder sie sind mehr oder weniger geneigt. Die gebogenen Dachflächen sind meist Zylinder- oder Kugelflächen; doch kommen auch verschiedene andere gekrümmte Flächen zur Verwendung. Danach unterscheidet man Flachdächer, Dächer mit geneigten Dachflächen und Gewölbe und Kuppeln.

**Flachdächer.** Sie unterscheiden sich am wenigsten in ihrer Konstruktion von den Decken. Die Unterzüge, Träger und Säulen der letzteren bilden hier Sparren, Pfetten und Stuhlsäulen. Die Eindeckung geschieht am besten durch Holzzement, der zwischen 3 bis 4 Papierlagen aufgestrichen wird. Um ein Ankleben an der Dachfläche zu verhindern, bringt man unter die unterste Papierlage, die auch zweckmässig durch eine Lage Dachpappe ersetzt wird, eine dünne Schicht feinen Sandes auf. Ueber die Papierlagen wird eine Schicht feinen und nach oben hin gröberen Kiesel aufgebracht (15 cm und mehr), durch den ein Schutz gegen die unmittelbare Einwirkung der äusseren Temperatur gebildet wird. Das Dach ist etwa 1 : 20 geneigt. Die sonst übliche Kieseleiste aus Zinkblech kann zweckmässig durch eine Betonrippe ersetzt werden. Auch die sonst nötige Dachrinne ist entbehrlich, wenn das Tageswasser durch geeignete Aufbetonierung der Dachfläche nach einzelnen Punkten hingeleitet wird, an denen die Abfallrohre das Wasser aufnehmen. Bei dem mehrfach erwähnten Fabrikgebäude der Daimlermotorenengesellschaft in Untertürkheim wird die Kieseleiste ersetzt durch die über die Dachfläche vortretenden Wandträger, die im Dachgeschoss ebenso wie im Erdgeschoss mit ihrer Unterkante mit der Unterfläche der Dachplatte bzw. der Deckenplatte abschneiden, um an den Fenstern möglichst viel Licht in die Räume eintreten zu lassen. Die Wandträger sind oben mit einem Gesims aus Zementkunststein abgedeckt. Die Zinkverwahrung greift in die Fuge unter dem Deckgesims ein. Mit dem Zinkblech wird die untere Papplage zweckmässig an dem Wandträger in die Höhe geführt, da Zink vom Beton leicht angegriffen wird (Fig. 165 bis 167).

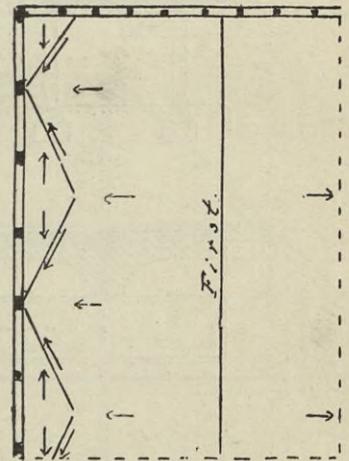
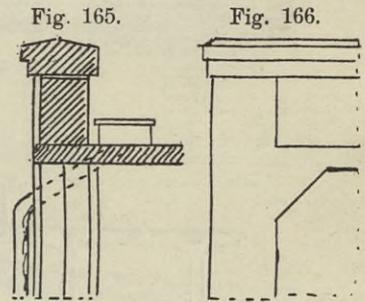
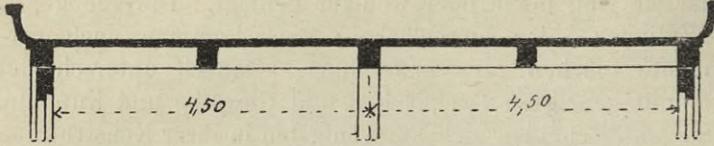


Fig. 167.

Die sogenannten Pixoline-Dächer werden oft ganz wagerecht hergestellt und erhalten an den Umfassungsrandern, die über die Aussenmauern hinüberragen, 20 bis 30 cm hohe nach aussen simsartig geschweifte Betonleisten. Die Dachoberfläche wird 2 bis 3 mm dick mit Pixoline, einem goudronartigen Stoff, bestrichen, welcher die alleinige wasserdichte Abdeckung bildet. Das Wasser

bleibt auf dem Dach stehen und bildet die Isolierung des Dachraumes gegen die unmittelbare Wirkung der äusseren Temperatur. Es läuft erst über, wenn es den oberen Rand der Umfassungsleisten erreicht hat (Fig. 168).

Fig. 168.



Die unterstützenden Dachbinder oder Stuhlsäulen, Sparren und Pfetten sind aus Eisen oder nach der

monolithischen Bauweise selbst aus Eisenbeton, so dass wir es dann wieder mit Plattenbalken zu tun haben (Fig. 169 bis 178). Bei Verwendung eiserner Sparren sind die Füllungsplatten eben oder auch auf der Unterseite flach gewölbt. Monier-

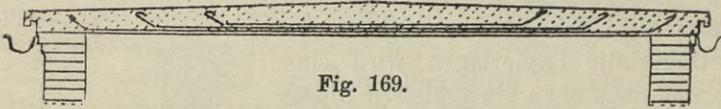


Fig. 169.

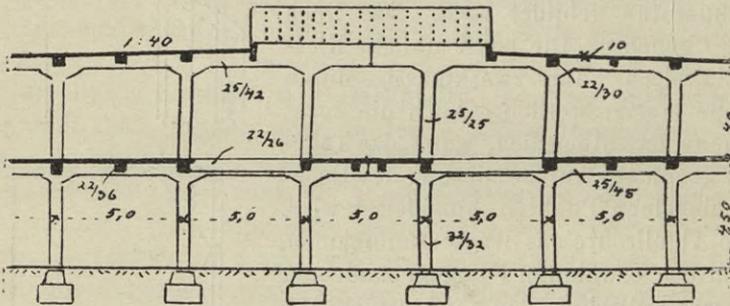


Fig. 170.

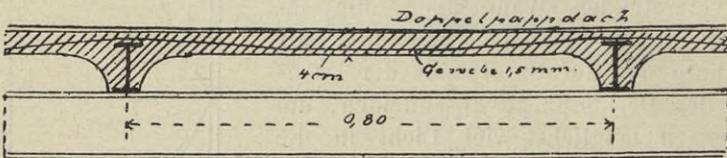


Fig. 171.

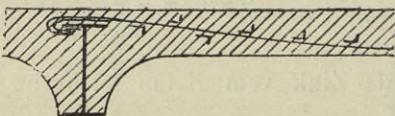


Fig. 172.

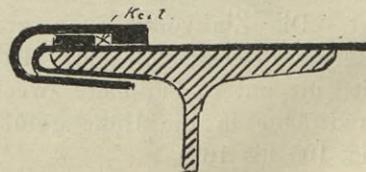


Fig. 173.

platten haben beispielsweise bei einer Entfernung der eisernen Sparren von 1,25 m eine Stärke von 4 cm erhalten. Füllungsplatten für Dächer nach Hennebique erhalten meist nach beiden Richtungen hin Einlagen, um der Rissbildung besser

vorzubeugen. Auch Bügel finden bei stärkeren, weitgespannten Füllungsplatten Verwendung. Bei der Zuckerniederlage in Calais, welche eine Fläche von 5350 qm einnimmt, ist die freie Länge der Hauptträger des Flachdaches 9,50 m, die der Nebenträger etwas über 4 m. Die Füllungsplatten sind 4 m lang und 3,15 m breit bei einer Stärke von 20 cm. Das tragende Gerippe ist hier nicht nach der monolithischen Bauweise hergestellt. Die Mehrzahl der Stützen und Balken sind vorher gefertigt. Ihre Einlagen greifen nicht ineinander, so dass sich überall Ausdehnungsfugen ergeben.

Die Bauweisen nach Koenen, Rabitz, Schlüter, Eggert, Golding usw. können hier Verwendung finden. Ebenso kann die Dachplatte wie bei den Decken aus vorher gefertigten Teilen bestehen, z. B. aus Visintini-Gitterträgern. Letztere lässt man dann in der Regel über die Frontwand überstehen und versieht sie mit einem vollen oben abgechrägten und unten mit einer Wassernase versehenen Kopf (Fig. 174 bis 175).

Flachdächer wie flach geneigte Dächer können bequem in verschiedener Weise mit Oberlicht versehen werden, indem man entweder Glasbausteine, Glaslinsen usw. direkt in die Füllungsplatte einfügt, bei grösseren Flächen gegebenenfalls unter Verwendung zwischengelegter Eiseneinlagen, oder parallel mit der First- oder senkrecht dazu aus der Dachfläche Beton oder Eisenbetonrippen

Fig. 174 u. 175.

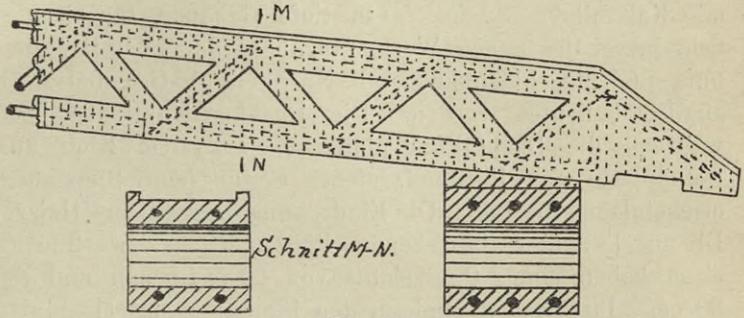


Fig. 176 u. 177.

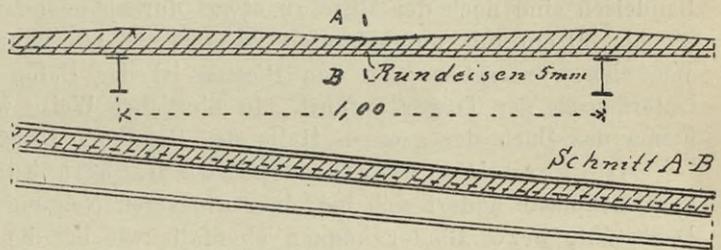
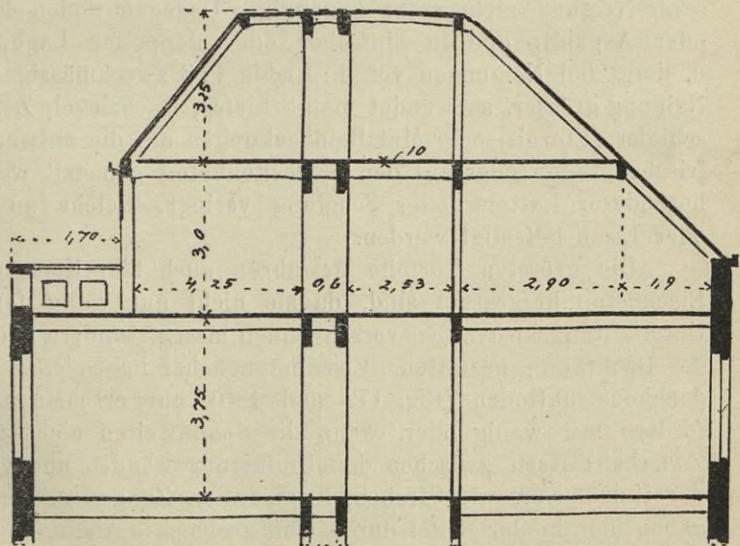


Fig. 178.



hervortreten lässt, auf welche sich kleine Satteldächer mit Verglasung aufsetzen (Fig. 170). Für sehr tiefe Hallen und Fabrikräume haben diese Anordnungen in vielen Fällen die früher allgemein gebräuchlichen Sheddächer vorteilhaft verdrängt. Die Abführung des Tagewassers und die Beseitigung der Schneemassen gestalten sich hier im höchsten Grade einfach. Gegen zu grelles Licht im Sommer schützt man die Innenräume durch einen Anstrich der Glasflächen mit Kalkmilch. 32 bis 50 m tiefe Gebäude für Eisengiesserei, Dreherei und Schreinerei des neuen Werks Nürnberg der „Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbauanstalt Nürnberg A.-G.“ sind z. B. auf diese Weise vorzüglich belichtet worden. Die Dachkonstruktionen bestehen hier aus Eisen, während die Dachfüllungsplatte nach System Klett aus einer 6 cm starken Betonplatte aus Portlandzement, rheinischem Bimssand und Kies mit Flacheiseneinlagen besteht. Die Eindeckung besteht aus Holzzement oder Dachpappe. Die aus  $\perp$ -Trägern bestehenden Pfetten liegen etwa 2 m auseinander. Die Flacheisen haben einen Querschnitt von  $30 \times 1,5$  mm und liegen in Abständen von 30 cm. Ihre Enden sind an den Flanschen der Mittelpfetten in den Beton umgebogen (Fig. 172). An den Aussenpfetten sind sie nach Fig. 173 befestigt. Die Bandeisen sind nach der Mitte zu etwas durchhängend und in Entfernungen von 20 bis 30 cm mit aufgenieteten  $25 \times 25 \times 3$  mm starken und 30 mm langen Winkeleisen versehen. An den Pfetten ist der Beton voutenförmig nach dem Unterflansch der Träger geführt. In ähnlicher Weise wurde von der genannten Firma das Dach der grossen Halle des Bahnhofs Dresden-Neustadt ausgeführt.

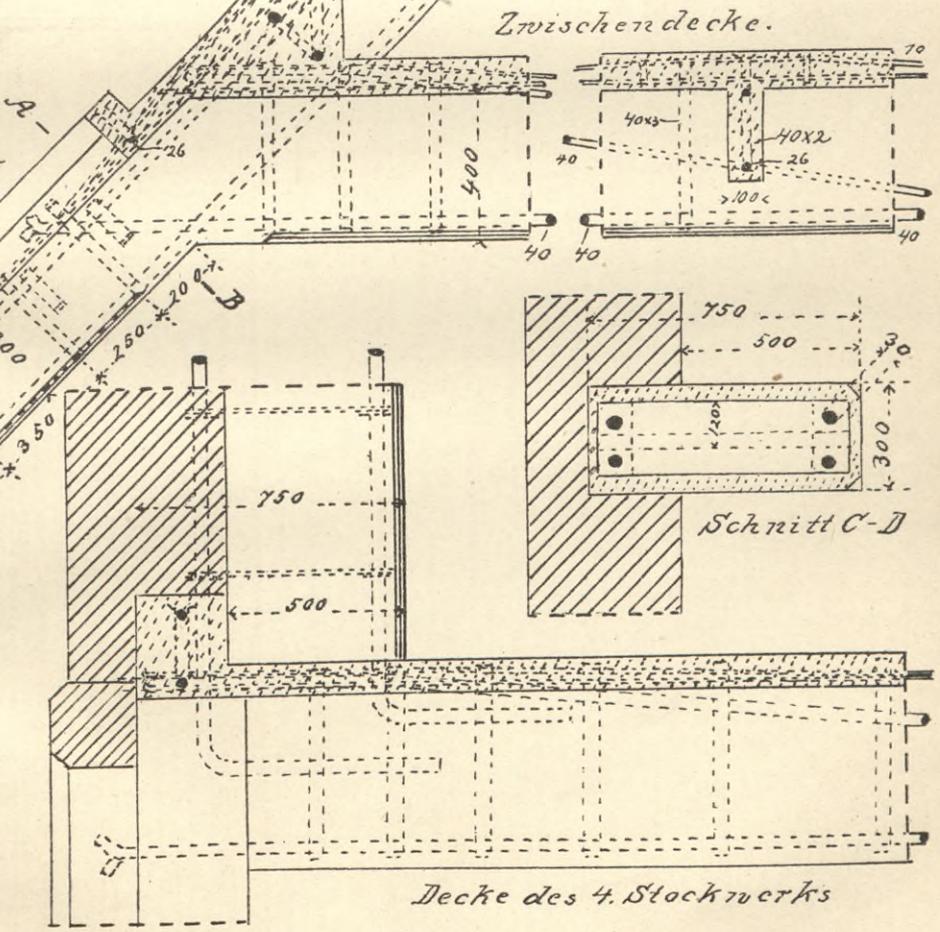
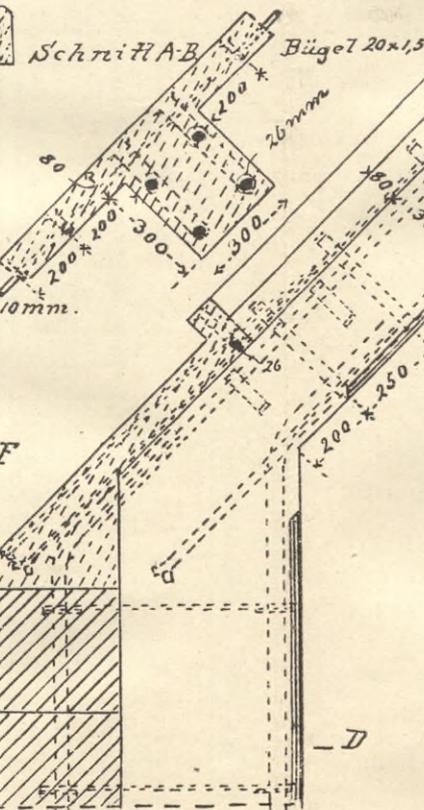
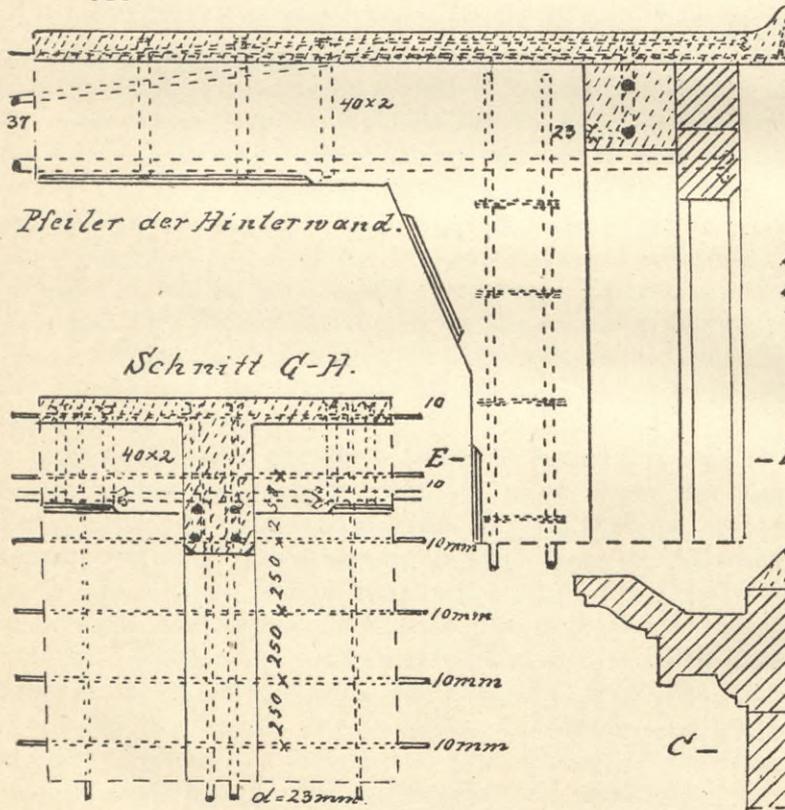
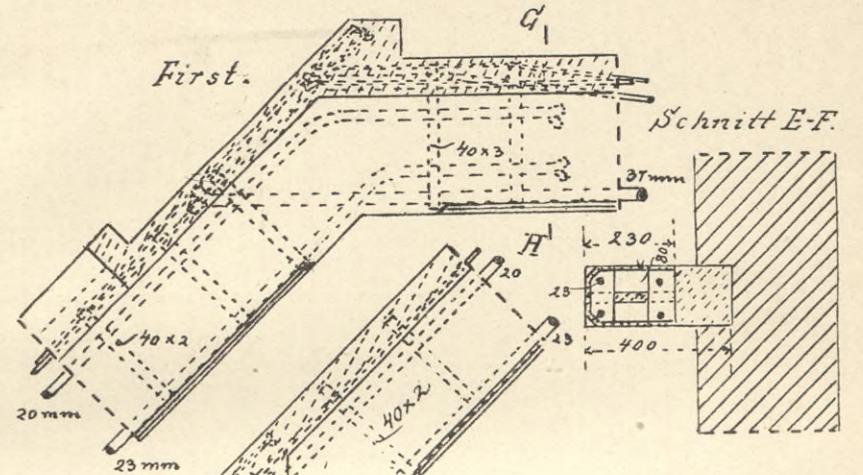
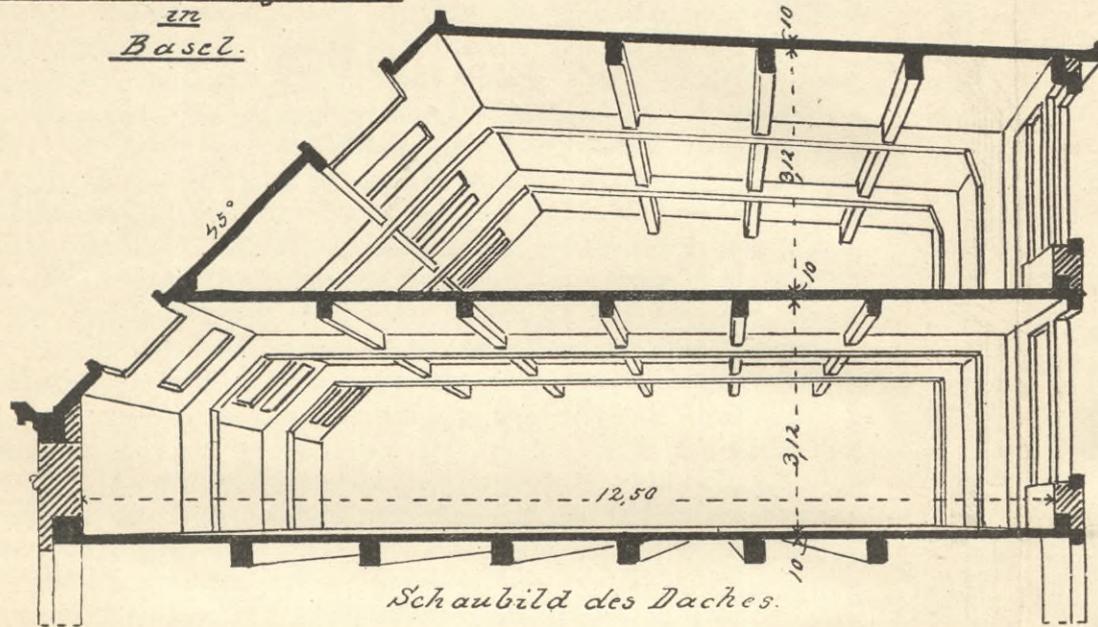
Dächer mit geneigten, ebenen Dachflächen. An der Konstruktion der Dachplatte ändert sich bei einer grösseren Neigung des Daches nichts. Die Dachstühle bzw. Binder können ebenfalls wie bei den Flachdächern aus Eisen oder aus Eisenbeton bestehen. Eine Eindeckung mit Holzzement ist bei grösserer Neigung nicht mehr angängig. Dagegen finden Eindeckungen mit Teer- oder Asphaltpappe in einfacher oder doppelter Lage, mit Asphaltfilzplatten u. dergl. bei Neigungen von 1:10 bis 1:8 zweckmässig Verwendung. Wird die Neigung grösser, so wendet man Schiefer, Dachziegel, Zementdachsteine, Asbestschiefer (Eternit) oder Metalleindeckungen an, die entweder unmittelbar auf den frischen Beton oder auf den Schlackenbeton genagelt werden, oder die man auf besonderer Lattung oder Schalung verlegt, welche an einbetonierten Hölzern oder Eisen befestigt werden.

Die grössten Vorteile gewähren auch hier Konstruktionen, die ganz aus Eisenbeton hergestellt sind, da sie nicht nur völlig feuersicher sind und die Unterhaltungskosten fast verschwinden lassen, sondern auch die beste Ausnutzung der Dachräume gestatten. Eisenbetondächer haben ganz das Aussehen von Holzdachkonstruktionen (Fig. 179 und 180), nur erscheinen sie viel einfacher, erfordern nur wenig oder, wenn die Spannweiten nicht zu gross sind, gar keine Zwischenstützen zwischen den Umfassungswänden und es fallen hier viele Teile der Holzdächer, wie Streben, Kopfbänder, Zangen u. dergl. fort, da deren Aufgaben hier in der Regel durch eine geschickte Anordnung der Eiseneinlagen und Weiterführung derselben in benachbarte Konstruktionsteile, durch verhältnismässig geringe konsolartige oder voutenförmige Verstärkungen der Träger an ihren Stützpunkten sicher und mit wenig Mühe und Kosten erfüllt werden können. Ohne Schwierigkeit lassen sich in Eisenbeton alle Dachformen aus-



Spinnerei Dietschy u. Cie.

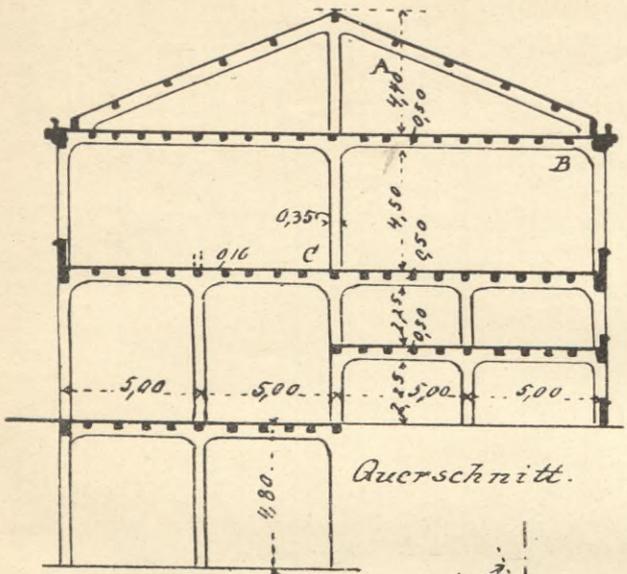
272  
Basel.



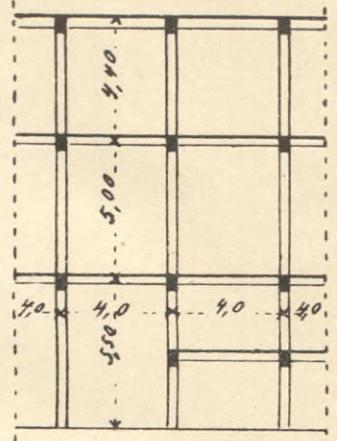
Haberstroh, Eisenbeton.



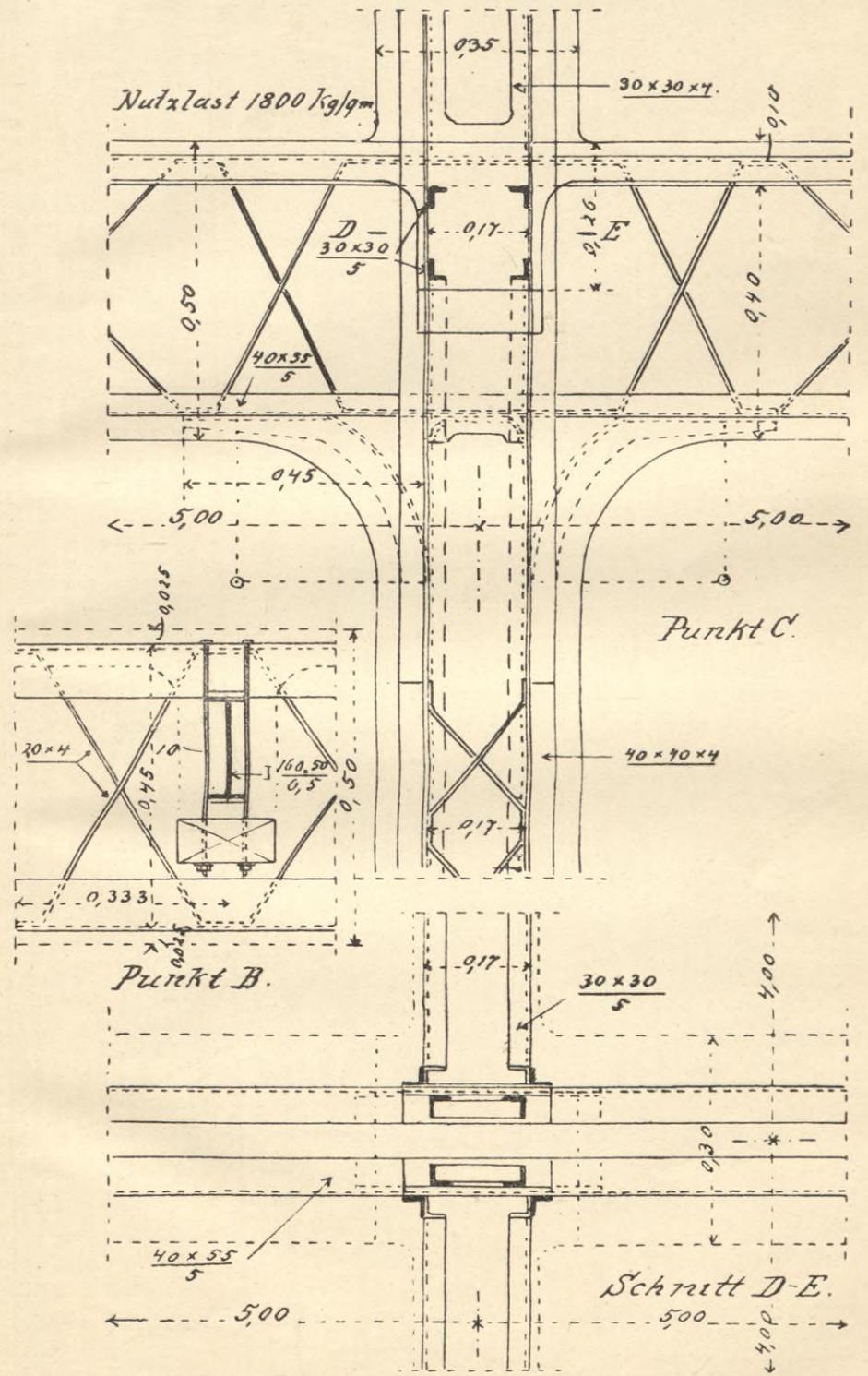




Querschnitt.



Längenschnitt.

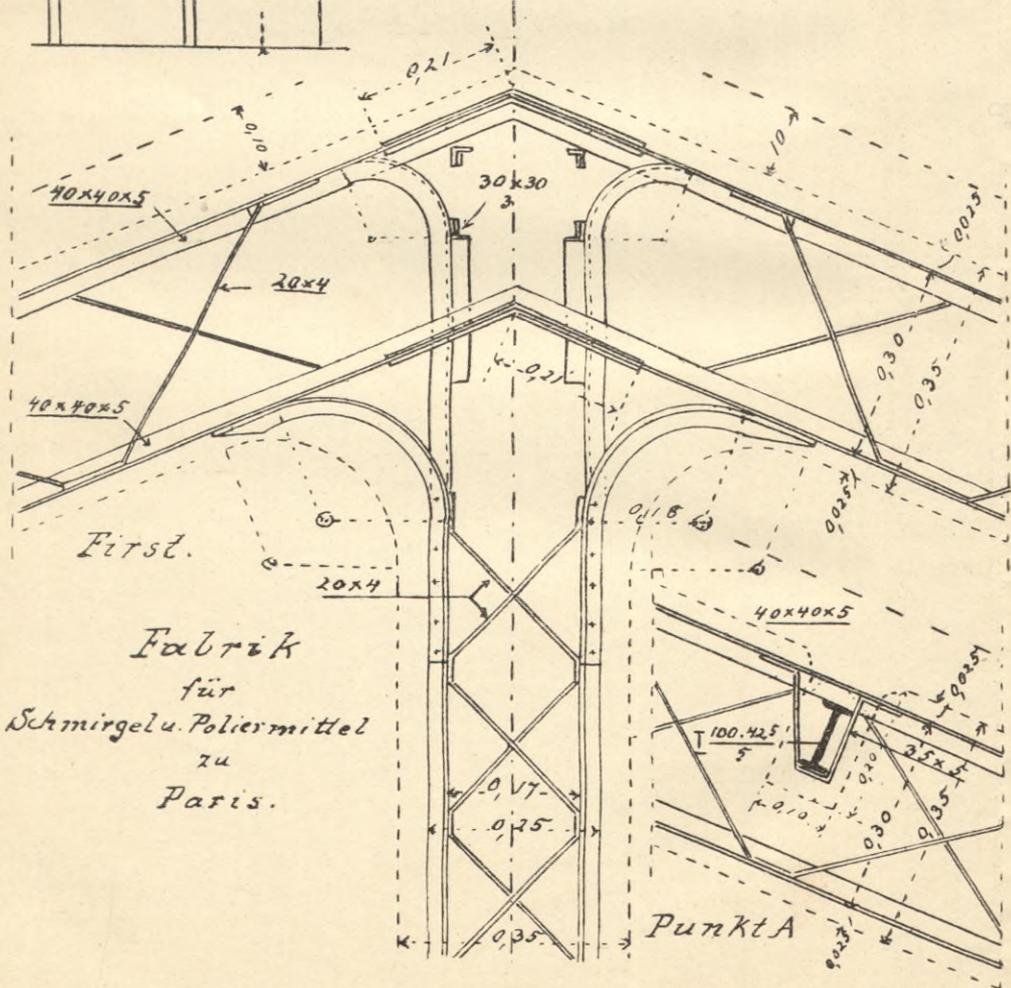


Nutlast 1800 kg/m

Punkt C.

Punkt B.

Schnitt D-E.



Firsst.

Fabrik für  
Schmirgel u. Poliermittel  
zu  
Paris.

Punkt A



führen, wie Satteldächer, Pultdächer, Mansardendächer, Zeltdächer, Sheddächer usw. Kehl- und Gratsparren (Fig. 180) werden ebenso aus Eisenbeton ausgeführt, wie Auswechselungen bei Anordnung von Oberlichtern. Falls es das äussere Ansehen erfordert, können diese Dächer auch überstehend konstruiert werden. Die Dachrinnen können meist aus Beton oder Eisenbeton gleich mit der Dachplatte hergestellt werden. Es genügt dann meist eine Eindeckung dieser Rinne mittels Asphaltpappe u. dergl.

Bei dem auf Taf. VI dargestellten Beispiel, in welchem sich die schräge Dachfläche auf eine Drempelwand aufsetzt, gehen die Einlagen der senkrechten Drempelpfeiler ein Stück in die Hauptträger des Daches über, wodurch die nötige Steifigkeit der Konstruktion an dieser Stelle erzielt wird. In ähnlicher Weise sind die Einlagen der schrägen Hauptträger oben in die Hauptträger des Flachdaches übergeführt. Die Hauptträger vertreten hier die Stelle der Bindersparren, während die senkrecht dazu angeordneten Nebenträger die Aufgabe der Pfetten eines Holzdachbinders übernehmen. Der Schub der schrägen Dachfläche wird zum grossen Teil schon durch die Hauptträger der Zwischendecke aufgenommen. Mittelstützen sind trotz der ziemlich beträchtlichen Spannweite

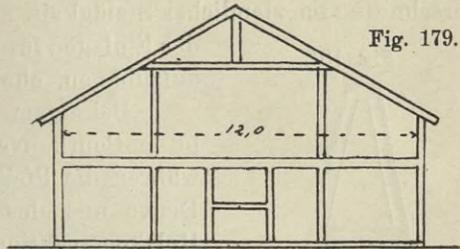


Fig. 179.

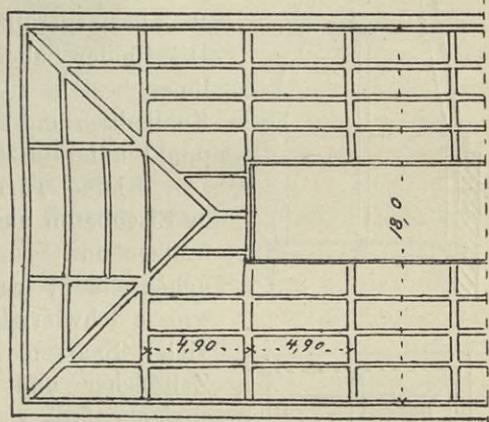


Fig. 180. Sparrenlage.

von 12,5 m überhaupt nicht vorhanden, so dass sowohl im Drempel- wie im Dachgeschoss der ganze Raum für die Benutzung frei ist.

In ähnlicher Weise ist das Dach des Hansahauses in Düsseldorf (Fig. 178) und ebenso das Dach des Hauptgebäudes des Justizgebäudes zu Verviers, sämtliche nach der Bauweise Hennebique, konstruiert.

Auf Taf. VII geben wir noch einige Figuren vom Dache eines Pariser Fabrikgebäudes für Schmirgel und Poliermittel. Das ganz nach der Bauweise Bonna errichtete Gebäude ist 150 m lang und 20 m breit. Es besitzt ein 4,80 m tiefes Kellergeschoss, ein Erdgeschoss von 5,50 m Höhe und ein Stockwerk von 5,0 m Höhe. Der darüber befindliche Dachraum ist mit einem Satteldach versehen, das an der First 4,40 m hoch ist. Die Decken haben grosse Lasten zu tragen und sind durch die Zerkleinerungsmaschinen für den Schmirgel heftigen Erschütterungen ausgesetzt. Die Hauptträger liegen 4 bis 5 m auseinander und haben über dem Keller- und Erdgeschoss eine freie Länge von 5 m, während über dem I. Stockwerk und im Dach ihre freie Länge 10 m beträgt. Sie dienen ausserdem zum Tragen der Transmissionsleitungen. Trotzdem ist ihre Eiseneinlage verhältnismässig gering und besteht beispielsweise bei den Hauptträgern der Dach-

konstruktionen nur aus 4 Winkeleisen von  $40 \times 40 \times 5$  mm Stärke, welche, wie aus den Figuren ersichtlich, durch  $20 \times 4$  mm starke Flacheisen miteinander verbunden sind. Mit Betonausstampfung und Betonumhüllung haben die Hauptträger des Daches nur einen Querschnitt von  $35 \times 25$  cm. Die Einlagen der Hauptträger und Säulen bilden nach ihrer Zusammensetzung hohle, kastenförmige Querschnitte von ziemlicher Steifigkeit, so dass es möglich war, das Eisengerippe

Fig. 181.

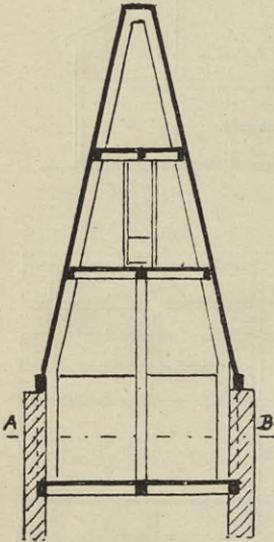
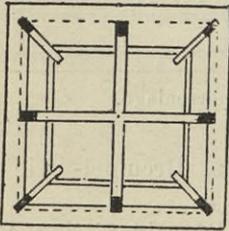


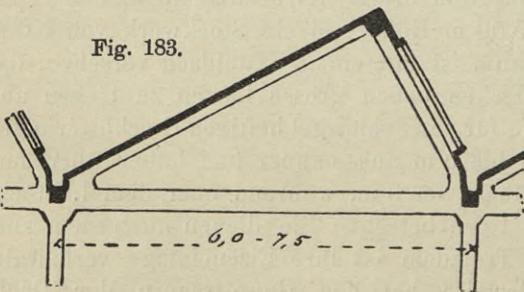
Fig. 182.



Schnitt A—B.

steilen Dachflächen möglichst nach Norden legt, verhindern sie den Eintritt des unmittelbaren grellen Sonnenlichtes. In der Regel stehen die Säulen unter den Dachrinnen und sind quer zu den Dächern durch Träger verbunden, welche die

Fig. 183.



der Einlagen für das ganze Gebäude zusammensetzen und aufzubauen, ehe man mit der Betonumstampfung begann.

Bei einem für die Babcock- und Wilcox-Gesellschaft in la Courneuve (Seine) erbauten Giessereigebäude gewähren die Pfeiler der Wände sowie das Trägerwerk der Decke und des Daches noch mehr das Aussehen einer Holzkonstruktion (Fig. 179). Das ganze Gebäude wurde zunächst in diesen Teilen vollständig fertig nach der Hennebique-Bauweise hergestellt, ehe die Fächer der Wände ausgefüllt und die Dachplatte aufgebracht wurden. Die Binder haben eine Stützweite von 12 m. Jeder von ihnen besteht aus vier Stuhlsäulen, zwei Sparren, einem Kehlbalken und einem kleinen Pfosten, welcher den Firstpunkt unterstützt.

Kleine Türme lassen sich ebenfalls sehr bequem in Eisenbeton ausführen (Fig. 181 und 182), da man den Stützen und Sparren leicht die verschiedensten Formen geben kann, was bei anderen Baustoffen oft ebenso grosse Schwierigkeiten bereitet wie die Zusammenführung vieler Sparren oder Gratsparren nach einem Punkte. Zeltdächer und Dächer über ringförmigem Grundriss sind ebenfalls vielfach mit grossem Vorteil in Eisenbeton ausgeführt.

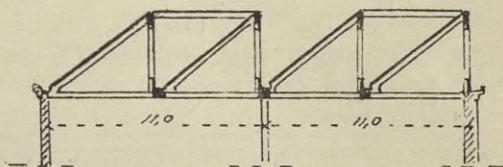
Auch Shed- und Sägedächer lassen sich mit Leichtigkeit in Eisenbeton ausführen und finden für grosse Fabrikräume ausgedehnte Verwendung. Sie gewähren eine gleichmäßige Verteilung des Lichtes in weiten Räumen und, da man die mit Verglasung versehenen

Zugbalken der Dachkonstruktion bilden (Fig. 183). Auf diese setzen sich die schrägen Hauptträger, die die Sparren der flacheren Dachseite bilden. Letztere werden am Firstpunkt durch ziemlich steile oder senkrechte Pfosten gestützt, zwischen denen die Verglasung sich befindet. Die Pfosten setzen sich auf Nebenträger, die quer über die Haupt-

träger laufen und zugleich die Dachrinnen tragen. Der ganze Dachbinder besteht dann also meist aus einem einzigen, unverschieblichen Dreieck.

Zur besseren Versteifung sind die Sparren oben am First in der Regel noch durch einen Firstträger verspannt. Die Spannweiten betragen 6 bis 7,5 m. Man hat auch etwa 11 m gegenseitige Entfernung der Stützen angewandt und dann über jeder solcher Spannweite zwei Sheddächer errichtet (Fig. 184). Solche Dächer hat man beispielsweise bei einer Pariser Raffinerie angewandt. Zwei benachbarte Binder über einer solchen Spannweite wurden dann noch an ihren Firstpunkten durch einen freiliegenden Eisenbetonträger verbunden, so dass jedesmal durch ein solches Binderpaar zwischen zwei Säulen ein Gitterträger gebildet wurde.

Fig. 184.



Sowohl Sheddächer wie namentlich Dächer über eingeschossigen Hallen sind auch oft so konstruiert worden, dass der untere Zugbalken fortfiel, so dass der ganze Binder aus einem einzigen sich der inneren Dachfläche möglichst anschmiegenden Rahmen gebildet wurde. Sie werden daher auch wohl Rahmendächer genannt. Die Rahmen verlaufen dabei entweder geradlinig oder sie sind auch gebrochen oder auf der Unterseite wenigstens gebogen. Der Horizontalschub wird dann durch Weiterführung der Rahmeneinlagen in die Pfeiler und durch diese in den Baugrund übertragen. Zuweilen sind die gegenüberliegenden Pfeilerfundamente auch durch Zugeinlagen miteinander verbunden, so dass diese den entstehenden Seitenschub aufnehmen.

Nach der Bauweise Cottancin werden Dächer auch in der Weise konstruiert, dass die Decke des obersten Stockwerks die Unterstützung des Daches bildet. Aus den Verstärkungsrippen dieser Deckenplatte ragen schmale dreieckige Erhöhungen hervor, die die Dachträger aus Eisenbeton stützen, oder welche oben kurze Holzeinlagen aufnehmen, an denen die hölzernen Sparren oder Pfetten des Daches festgenagelt werden können. Man erhält auf diese Weise einen zwischen Decke und Dach eingeschlossenen Luftraum, der für die darunter liegenden Räume eine gute Isolierung gegen die äussere Temperatur bildet (Fig. 185). Die über die Umfassungsmauer weggeführte und an ihrem Rande geeignet gestaltete Deckenplatte bildet gleich die Dachrinne. Eigentümlich ist dieser Bauweise, dass die Verstärkungsrippen, die meist vorher in der Werkstatt hergestellt

Fig. 185.

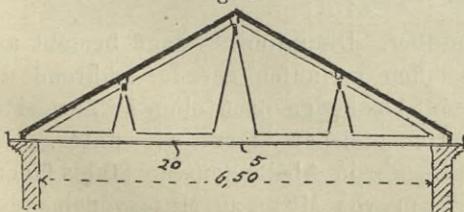
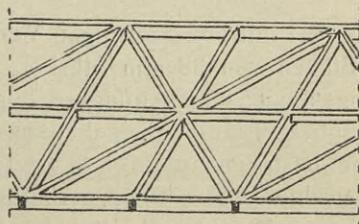


Fig. 186.

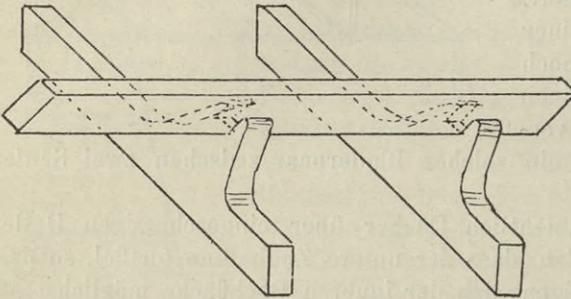


werden, die zu bedeckenden Felder je nach deren Form und Grösse vielfach schräg oder diagonal durchkreuzen, wodurch die Spannweite verringert wird, so

dass die Rippen verhältnismässig geringe Abmessungen erhalten und der ganzen Decke eine grosse Steifigkeit erteilt wird. In ähnlicher Weise sind nach dieser Bauweise gewölbte Dächer und Kuppeln behandelt worden (Fig. 186).

Sowohl bei Dächern mit ebenen Dachflächen wie bei gewölbten Dächern hat man einen isolierenden Luftraum ähnlich dem oben beschriebenen oft dadurch gebildet, dass man die Verstärkungsrippen der Dachplatte statt nach unten

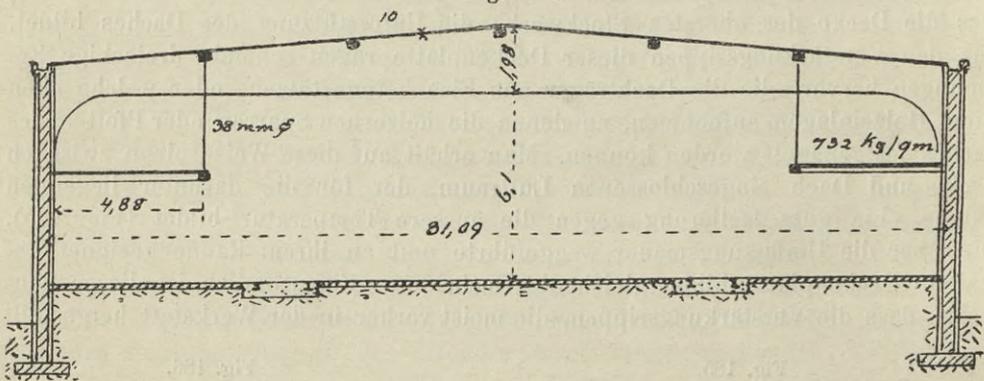
Fig. 187.



nach oben hervortreten liess und auf diesen gegebenenfalls unter Anwendung aufbetonierter Knaggen dann die Pfetten, die Lattung und dergl. für die Dacheindeckung befestigte beziehungsweise diese Latten unmittelbar in die Rippen einbettete (Fig. 187). Oft hat man den Hohlraum zwischen Dacheindeckung und Dachplatte auch durch gut isolierende Stoffe, wie z. B. mageren Schlackenbeton, ausgefüllt.

Schliesslich führen wir noch das flache Satteldach eines amerikanischen Lagerhauses an, bei welchem der ganze Dachbinder bei der beträchtlichen Spannweite von rund 31 m aus einem einzigen Eisenbetonträger gebildet wird (Fig. 188). Diese Träger haben einen gegenseitigen Abstand von rund 5 m und sind an der First 1,98 m, an den Pfeilern 1,06 m hoch bei einer Breite von 0,35 m. In die Pfeiler

Fig. 188.

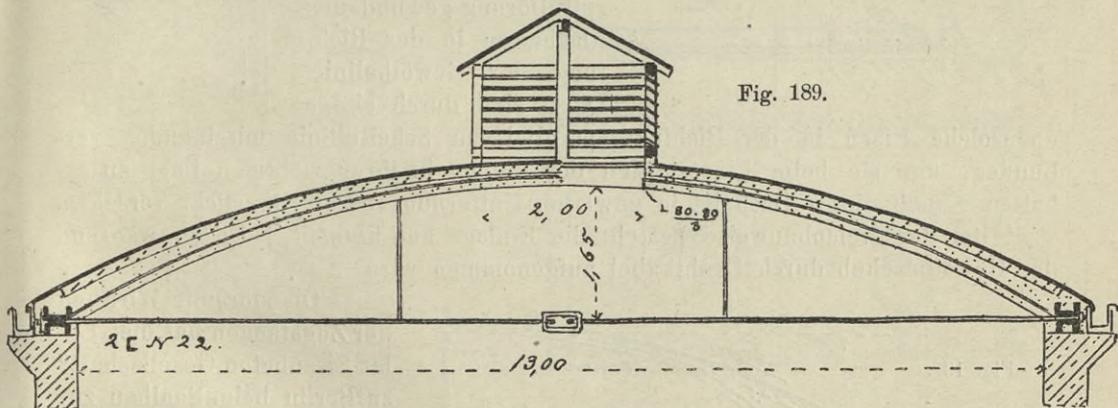


gehen sie mit bogenförmigen Verstärkungen über. Die untere Einlage besteht aus 10 Stäben von 38 mm Stärke. Zwei von ihnen verlaufen gerade, während die übrigen nach den Auflagern hin in gewissen Abständen nach oben geführt sind. Die obere Einlage besteht aus 3 Stäben von gleicher Stärke wie unten. Die Bügel bestehen aus 25 mm breiten Flacheisen, die in Abständen von 20 bis 60 cm angeordnet sind. Die Querbalken sind 5,20 m von Mitte zu Mitte voneinander entfernt. Ihr Querschnitt beträgt  $28 \times 15$  cm. Ihre Einlage wird oben und unten durch je vier 22 mm starke Rundeisen gebildet. Die Dachplatte ist 10 cm stark und besitzt eine Einlage von 9,5 mm starken, sich rechtwinklig kreuzenden

Stäben, die 12,5 cm auseinander liegen. An die Hauptträger sind noch zwei an den Wänden entlang laufende Galerien von fast 5 cm Breite durch Rundeisen aufgehängt.

**Gewölbe und Kuppeln.** Die gebräuchlichste Form gewölbter Dächer bildet das flache Tonnendach. Dächer dieser Art sind schon frühzeitig mit erheblichen Spannweiten bis etwa 25 m z. B. nach der Monierbauweise ausgeführt worden. Sie bestehen aus einer nach einem flachen Kreisbogen gekrümmten, verhältnismässig dünnen Monierplatte, die bei geringeren Weiten nur an der unteren Leibungsseite mit einer Einlage versehen ist. Bei grösseren Spannweiten wendet man auch eine obere Einlage an; auch wird die Stärke des Gewölbes dann nach den Auflagern hin vergrössert. Die unterstützenden Wände empfangen keinen Schub und können daher geringe Stärke erhalten. Der Gewölbeschub wird durch Zugstangen aufgenommen, welche die an den Kämpfern angeordneten einfachen oder doppelten  $\square$ -Eisen, gegen welche sich das Gewölbe stützt, miteinander quer durch das Gebäude hindurch verbinden. Diese aus Rundeisen bestehenden Zugstangen werden mit einem Spansschloss versehen und in einigen Punkten an der Eiseneinlage des Gewölbes aufgehängt, damit sie nicht durch ihr Eigengewicht nach unten durchbiegen. Der Stich dieser Gewölbe beträgt  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{8}$  der Spannweite. Die Eindeckung kann aus Dachpappe, Asphalt u. dergl. bestehen. Oberlichte lassen sich leicht aus Glasbausteinen in der Dachfläche oder durch besondere Aufsätze anbringen.

Bei einem derartigen auf einem Färbereigebäude in Oschatz von der Firma Rud. Wolle in Leipzig ausgeführten Dache betrug die Spannweite 13 m, die Stichhöhe 1,65 m. Die 5,2 cm starken Zugstangen lagen 2 m auseinander. Die Gewölbeauflager wurden durch zwei  $\square$ -Eisen N.-P. 22 gebildet, die durch Steinschrauben mit den Mauern verankert waren. Ueber den Beton war eine 10 cm starke Schicht Strohlehm aufgebracht und darüber die Pappeindeckung,



so dass der überdeckte Raum gegen äussere Temperatureinflüsse ziemlich geschützt war. Im Scheitel des Gewölbes befanden sich eine Anzahl  $2 \times 1$  m grosse Oeffnungen mit Lüftungsaufsätzen, deren Seitenwände mit Jalousiebrettern bekleidet waren. Diese Durchbrechungen des Gewölbes waren von einem Rahmen aus  $80 \times 80 \times 3$  mm starken Winkeleisen eingefasst (Fig. 189).

Ein anderes in derselben Bauweise von der Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monierbau, Berlin, ausgeführtes Dach hatte 15 m Spannweite, 3 m Stich.

Die Gewölbestärke betrug im Scheitel 8 cm, an den Kämpfern 12 cm. Ausser der durchgehenden unteren Einlage erstreckte sich eine obere Einlage von den Kämpfern aus über je ein Drittel der Spannweite. Die Tragstäbe waren 7 mm stark und lagen in gegenseitigen Abständen von 10 cm. Die Auflager wurden durch je zwei  $\square$ -Eisen N.-P. 22 gebildet, die alle 4 m durch 4 cm starke Rund-eisenstangen verbunden waren. Auch diese Stangen waren in der Mitte mit einem Spansschloss versehen und in je einem Drittel ihrer Länge an dem Gewölbe aufgehängt.

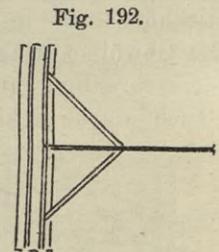
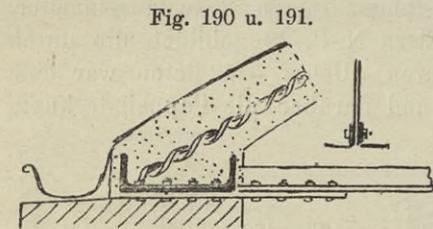
Ähnliche Dächer werden in verschiedenen anderen Bauweisen ausgeführt, so z. B. in der Bauweise Schlüter, Habrich, Golding, Melan usw. (Fig. 190 u. 191).

Die Bauweise Schlüter verwendet statt der Rundeisen bei den Bogendächern Zugstangen aus Winkeleisen, die aber in grösseren Entfernungen von etwa 6 m angeordnet sind. Damit auf dieser grösseren Entfernung die als Auflager dienenden  $\square$ -Eisen nicht durch den Gewölbeschub nach aussen durchgebogen werden können, werden dieselben nochmals in je einem Drittel dieser Länge durch andere Winkeleisen festgehalten, welche unter  $45^\circ$  von den Zugstangen ausgehen und an ihnen mittels Knotenbleche befestigt sind (Fig. 192).

Auch die Bauweise Habrich verwendet als Zugstangen Winkeleisen, während die Gewölbeeinlage aus den dieser Bauart eigentümlichen spiralförmig gewundenen Flacheisen besteht (Fig. 190 u. 191).

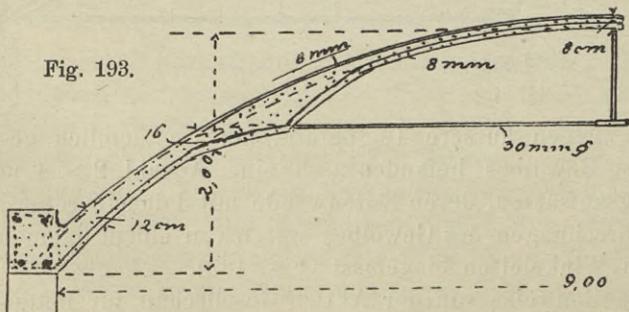
Ein in dieser Bauweise ausgeführter Güterschuppen in Basel besitzt 20 m Spannweite bei 4 m Stichhöhe. Die Gewölbestärke beträgt an den Kämpfern

14 cm und am Scheitel 10 cm. Die Haupteinlagen bestehen aus etwa 15 cm auseinanderliegenden  $40 \times 1,5$  cm starken, spiralförmig gewundenen Flacheisen in der Richtung der Gewölbelinie. Diese sind durch einige



ebensolche Eisen in der Richtung parallel zur Scheitellinie miteinander verbunden, um sie beim Einstampfen des Betons in ihrer richtigen Lage zu erhalten. Auch dieses Dach ist in gewissen Entfernungen mit Oberlicht versehen.

Bei der Melanbauweise besteht die Einlage aus kleinen  $\square$ -Eisen, während der Gewölbeschub durch Drahtkabel aufgenommen wird.



Die störende Wirkung der Zugstangen hat die „Lotal-Eisenbeton-Gesellschaft“ zu Berlin beim Saalbau zur Stadt Hamburg in Waren i. M. dadurch zu vermeiden gesucht, dass sie dieselben ein Stück im Gewölbe selbst hochführte und erst weiter oben horizontal heraustreten liess (Fig. 193).

Auf volle Feuersicherheit können alle diese Konstruktionen keinen Anspruch erheben, so lange die Zugstangen unbedeckt bleiben. Zuweilen hat man sie in eine an das Gewölbe angehängte Verkleidungsdecke eingebettet. Auch für die bessere Isolierung oder aus Rücksicht für das innere Aussehen sind solche leichte Verkleidungen bei diesen und ähnlichen Dachkonstruktionen oft angewandt worden.

Solche Tonnengewölbe sind auch aus Visintinisträgern hergestellt worden, z. B. beim Neubau der evangelischen Kirche in Aussig a. E. Die tragenden Teile bilden 11,80 m freigespannte als Gitterträger konstruierte Gurtbogen, die 4,68 m voneinander entfernt sind. Auf ihren konsolartig vorspringenden Untergruppen liegen parallel mit der Gewölbeachse dicht nebeneinander gerade Visintinisträger, welche die Decke bilden.

Auch Kuppeln sind in den Bauweisen Monier, Hennebique usw. schon frühzeitig und oft in beträchtlichen Abmessungen ausgeführt worden sowohl über einem tragenden Eisengerüst als in reinem Eisenbeton (Fig. 194 u. 195).

Nach der Monierbauweise hat man solche Kuppeln zuweilen aus zwei schwachen mit Moniergewebe versehenen Gewölben hergestellt, die in gewissen

Fig. 194.

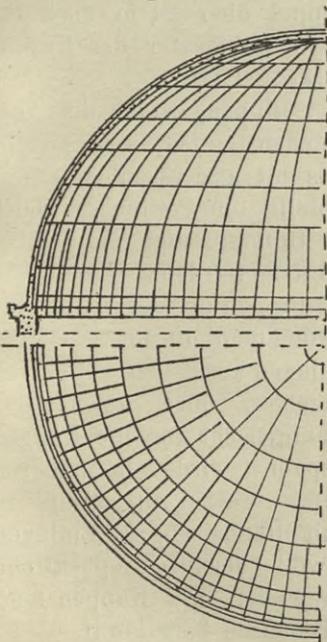


Fig. 195.

Fig. 196.

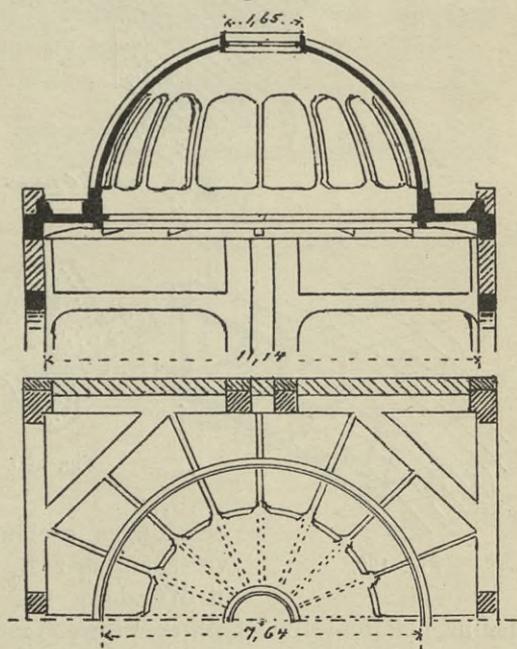


Fig. 197.

Abständen durch radiale, in der Richtung der Meridiane laufende Rippen miteinander verbunden waren. Die Rippen sind ebenfalls aus Eisenbeton hergestellt. Der untere Teil zwischen beiden Gewölben wird mit Beton ausgefüllt. Aufsätze für Oberlicht lassen sich leicht anbringen. In dieser Weise ist z. B. die Kuppel über dem Grabmal Kaiser Friedrich III. in Potsdam hergestellt, welche eine Spannweite von 8,80 m besitzt. Die Kuppel ist mit Kupfer eingedeckt.

Kuppeln nach Hennebiquebauweise setzen sich oft auf eine vorgekragte Deckenplatte auf, wie z. B. eine über einem mehr als 11 m weiten quadratischen Raume errichtete 7,64 m weite Kuppel des Bankhauses Brunner in Brüssel, welche grosse Durchbrechungen des Gewölbes aufweist (Fig. 196 u. 197).

Meist sind die Kuppeln dieser Bauweise mit Verstärkungsrippen in der Richtung der Meridiane versehen, die entweder auf der Innenseite oder Aussen-seite aus dem Gewölbe hervortreten oder die auch nur aus stärkeren, in dem Gewölbe liegenden Einlagen aus  $\square$ - oder  $\perp$ -Eisen bestehen. Andere Verstärkungsrippen haben die Richtung der Parallelkreise. In denselben beiden Richtungen laufen auch die Einlagen des Gewölbes, wobei die Anzahl der in Richtung der Meridiane laufenden Einlagen nach oben hin dem geringer werdenden Umfang der Kuppel entsprechend geringer wird (Fig. 194 und 195).

Die Kuppel der Kirche für die Marineakademie in Annapolis in den Vereinigten Staaten ruht auf 8 rechteckigen Pfeilern von  $1,0 \times 0,75$  m Querschnitt,

welche um den kreisförmigen Mittelraum von 25,4 m Durchmesser verteilt sind. Die Höhe des Hauptbaues beträgt fast 20 m, während die doppelte Kuppel über 24 m hoch ist. Der Durchmesser der Kuppel beträgt 21 m.

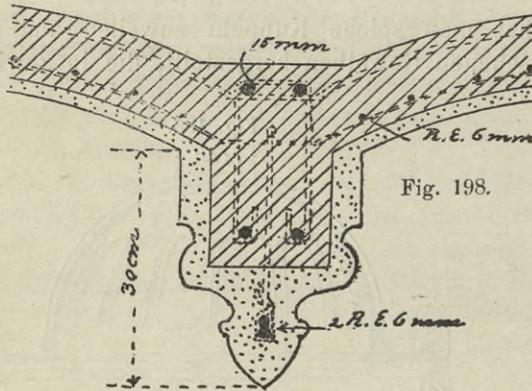


Fig. 198.

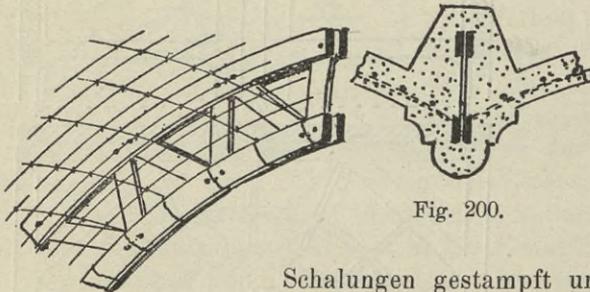


Fig. 200.

Schalungen gestampft und mit Rundeisen als Einlagen versehen, so z. B. bei dem Gewölbe der St. Josephskirche in Würzburg mit 20 m Spannweite. Die Kappen sind hier nach Patent Holzer unter Verwendung kleiner Profileisen hergestellt.

Beispiele einiger Rippenausbildungen sind in Fig. 198 bis 200 bildlich wiedergegeben.

### Treppen.

Die Treppen aus Eisenbeton zeichnen sich besonders nach zwei Richtungen hin vor allen anderen Treppenkonstruktionen aus, nämlich in bezug auf die unbegrenzte Feuersicherheit und in bezug auf die Leichtigkeit der Formgebung und die fast völlige Unabhängigkeit von vorhandenen tragenden Mauern oder sonstigen Unterstützungen.

Eiserne Treppen können zwar auch in allen möglichen kühnen und verwickelten, dabei doch gefälligen Formen hergestellt werden. Aber das unbedeckte Eisen erwärmt sich bei einem Brande sehr schnell, erweicht bei grosser Hitze bald und die Eisenkonstruktionen stürzen nicht nur selber zusammen, sondern reissen auch noch leicht die Umfassungswände mit sich. Steinstufen, wie solche aus Granit, Marmor usw., werden durch die Stichflamme leicht zum Springen gebracht und stürzen dann herab, wodurch nicht allein die Treppe selbst unbrauchbar, sondern auch das Betreten des Treppenhauses für die Löschmannschaft höchst gefährlich, wenn nicht unmöglich wird. Besser als eiserne Treppen und solche aus massiven Steinstufen haben sich in der Regel solche aus Holz bewährt, da letzteres, wenigstens in der ersten Zeit eines Brandes, immer noch, wenn auch angekohlt, eine zeitlang eine gewisse Tragfähigkeit behält. Dieselbe Erfahrung hat man auch bei anderen Holzkonstruktionen gemacht, wie z. B. bei hölzernen Decken und Stützen. Treppen aus Eisenbeton gewähren dagegen völlige Feuersicherheit.

Entweder fertigt man die ganzen Treppen aus Eisenbeton, oder man nimmt eiserne  $\square$ - oder  $\Gamma$ -Träger zu Hilfe, die dann durch geeignete Ummantelungen möglichst feuersicher gemacht werden können (Fig. 201 u. 202).

Bei den Treppen der zweiten Art bilden die eisernen Träger Podestträger oder Podest- und Wangenträger. Im letzteren Falle liegen auf den Trägerflanschen Eisenbetonplatten auf, die wie Deckenplatten konstruiert werden, und wozu sich fast alle bei den Decken erwähnten Bauweisen eignen. Häufig werden diese tragenden Platten mit Moniereinlagen versehen, wobei die Tragstäbe unten liegen und mit den Stufen gleichlaufend sind, während die darüber liegenden Verteilungsstäbe mit den Wangenträgern gleichlaufend sind.

In gleicher Weise werden die Podestplatten konstruiert. Wo Wände vorhanden sind, können die Platten natürlich auf diesen ihr Auflager finden (Fig. 201). Einlagen nach Hennebique, Schlüter, Habrich, Donath, Müller usw. sowie Streckmetall finden bei diesen Platten häufig Verwendung. Die Stufen können aufgemauert oder aus Beton aufgestampft werden. Erhalten sie keinen Belag, so wird die Oberfläche mit einem fetteren Zementmörtel, etwa in der Mischung 1 : 1 bis 1 : 2 verputzt. Die Vorderkante wird zweckmässig mit einer geriffelten Messing- oder Eisenschiene versehen, sowohl zum Schutz der Kante gegen Abnutzung und Beschädigung, als auch zur Verhütung des Ausgleitens. Gewöhnlich erhalten die Stufen einen Belag aus Holz, Marmor, Linoleum und dergl., welcher in bekannter Weise befestigt wird. Auch die Vorderflächen der Antrittsstufen können mit Marmor usw. bedeckt werden.

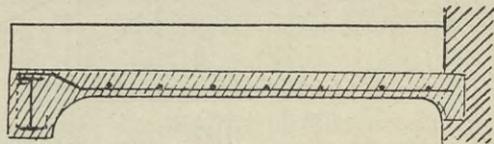


Fig. 201.

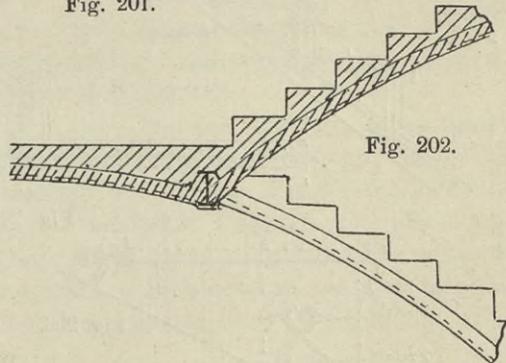


Fig. 202.

Statt der Platten wendet man auch flache Kappen aus Eisenbeton an, deren Scheitel mit der Treppenschräge parallel läuft. Sie finden an den Wangenträgern bzw. an der Umfassungswand ihr Widerlager. Die Stufen werden wie bei den auf Platten ruhenden Treppen hergestellt.

Bei anderen Konstruktionen fallen die Wangenträger fort. Es werden dann zwischen den Podestträgern steigende Eisenbetonkappen eingespannt, die wiederum zur Unterstützung der Stufen dienen (Fig. 202).

Noch vorteilhafter und in der Gestaltung von vorhandenen Wänden und von der Grundrissform unabhängiger sind Treppen, welche ganz aus Eisenbeton hergestellt werden. Am meisten kommen Treppen mit geraden Läufen zur Ausführung, die bei nicht zu grosser Breite freitragend hergestellt werden können. Bei grösseren Breiten ruht der Treppenlauf auf der einen Seite auf der Wand, auf der anderen auf einem Wangenträger. Ist eine Treppenwand nicht vorhanden, so werden auf beiden Seiten

Wangenträger angeordnet, die ebenso wie die Podestträger aus Eisenbeton konstruiert werden (Fig. 203). Doch auch in allen anderen Formen werden Treppen in Eisenbeton ausgeführt, wie z. B. Treppen mit gebrochenen oder beliebig gewundenen Läufen, Wendeltreppen usw. Hierbei finden gebogene Wangen viel Verwendung. Derartige Treppen liegen oft fast ganz frei und zeigen nur an wenig Punkten unmittelbare Unterstützungen durch andere Konstruktionsteile.

Bei einseitig eingemauerten Treppen muss die Eiseneinlage hauptsächlich nahe an der Oberfläche der Trittstufen angeordnet werden, da hier die Zugkräfte auftreten. Die Unterfläche ist meist der Neigung des Treppenlaufes entsprechend abgeschragt (Fig. 204 u. 205). Solche Treppen sind in grosser Zahl beispielsweise nach der Hennebiquebauweise ausgeführt worden in Breiten bis etwa 1,5 m. Auch die Bügel dieser Bauweise finden hier Verwendung zur Aufnahme der Scherkräfte. Dem Anwachsen dieser Kräfte nach der Einspannungsstelle

hin entsprechend sind die Bügel nach dieser Richtung hin enger angeordnet. Auch das Biegemoment ist an der Einspannungsstelle am grössten. Jede Stufe ist wie ein einseitig eingespannter Balken zu berechnen.

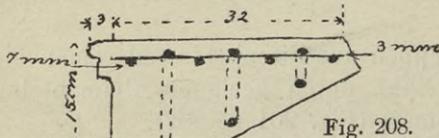


Fig. 208.

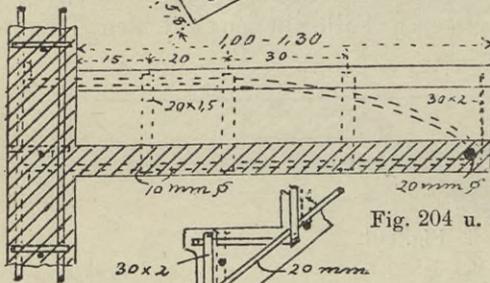


Fig. 204 u. 205.

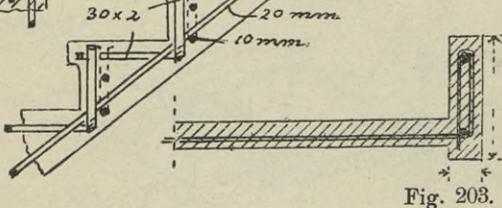


Fig. 203.

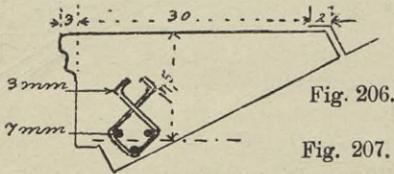
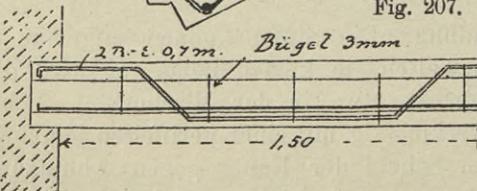


Fig. 206.

Fig. 207.



Findet eine Einspannung der Stufen am Ende nicht statt, so wird jeder Treppenlauf entweder in der Weise konstruiert, dass er eine oben und unten durch die Podestträger unterstützte schräge Platte bildet oder es werden seitliche Wangenträger angeordnet, die auf den Podestträgern ihre Unterstützung finden, während die Stufen eine auf den Wangenträgern aufruhende Deckenplatte bilden, so dass hier die Einlagen hauptsächlich nach der Unterseite zu verlegen sind. Werden die Stufen und die Wangenträger an ihren Enden eingespannt, so sind im mittleren Teil untere Einlagen erforderlich, während wenigstens ein Teil derselben an den Enden nach oben abzubiegen ist (Fig. 206 u. 207).

Die Konstruktion erfolgt auch in der Weise, dass die Antritte der Stufen Verstärkungsrippen der durch die Auftritte gebildeten Platte darstellen. Zuweilen werden die Stufen auch hohl hergestellt, so dass die Antrittsstufen nur dünne Verkleidungswände aus Eisenbeton bilden. Manchmal werden letztere auch ganz fortgelassen. In beiden Fällen ruhen die Trittstufen oft auf kleinen dreieckigen Wänden, die auf den Wangenträgern angeordnet sind.

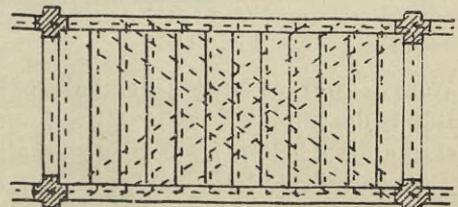
Sowohl für seitlich eingespannte Treppen wie für solche mit Wangenträgern können die Stufen vorher in der Werkstatt gefertigt werden. In den nebenstehenden Abbildungen sind einige Beispiele solcher Stufen dargestellt (Fig. 206 bis 208).

Auch unter Verwendung von Visintini-Gitterträgern werden Treppenstufen vorher hergestellt sowohl für Treppen mit Wangenträgern als für einseitig eingemauerte oder eingespannte Treppen. Die Gitterträger dieser Bauweise bilden dabei die tragenden Setzstufen und werden mit der unten anstossenden Trittstufe, die als Platte ausgebildet ist, aus einem Stück hergestellt. Die in die Vertikalen des Gitterträgers eingelegten Eisendrahtbügel, die die oberen und unteren Rundenstäbe umschlingen, bilden in ihrer Verlängerung zugleich die Einlage der Trittstufen und sind in Entfernungen von etwa 20 cm angeordnet.

Von den zahlreichen Treppenkonstruktionen anderer Bauweisen mögen im folgenden noch einige besonders hervorgehoben werden.

Nach der Bauweise Matrai sind zahlreiche Treppen auch grösseren Umfangs ausgeführt worden, sowohl mit eisernen Wangenträgern wie mit solchen aus Eisenbeton. Die Einlage wird hauptsächlich wie bei den Platten dieses Systems aus Stahldrähten oder Kabeln gebildet, die an festen Punkten mit ihren Enden befestigt sind und nach einer Kettenlinie nach unten durchhängen. Jede Stufe erhält in der Regel ein aus zwei 5 mm starken Stahldrähten bestehendes Kabel, welches in der Nähe der Vorderfläche des Antritts, wo die Stufe die grösste Höhe besitzt, untergebracht ist. Ausserdem sind oft auch noch diagonale Kabel vorhanden, die an den Wangen- und Podestträgern ihren Halt finden und in die untere Deckenplatte des Treppenlaufes eingebettet sind (Fig. 209). Bei den Treppenanlagen des „Himmelsglobus“ auf der Pariser Weltausstellung vom Jahre 1900 bildeten die Wangenträger dünne 6 cm starke Wände, welche zugleich die Stelle der Geländer vertraten. Die Wangen waren mit Kabeleinlagen versehen, die von den Pfeilern ausgingen.

Fig. 209.



Mittels dünner Vertikaldrähte trugen sie unten ein Winkeleisen, an welchem die Kabeleinlagen der Stufen befestigt werden. Die freie Länge der Treppenläufe betrug bis 7,28 m im Grundriss gemessen bei 1,50 m Treppenbreite (Fig. 210 bis 212).

Bei einer anderen von Bonna ausgeführten Treppenanlage waren die gebogenen Wangen aus Eisenbeton 8 cm stark und besaßen oben und unten je eine aus einem  $5 \times 50$  mm starken Flacheisen bestehende Eiseneinlage. Die Treppe hatte zwischen den Wangen eine Breite von 64 cm. In der Mittellinie gemessen war jede Trittstufe 28,5 cm breit. Die Einlage bestand aus je einem 10 mm starken Rundeisen an der vorderen und hinteren Kante und darüber gelegtem Streckmetall. Die Dicke der Trittstufen betrug 6,5 cm. Die Treppe ist in einem kreisförmigen Schacht von 3,20 m Durchmesser untergebracht. Die

Fig. 210.

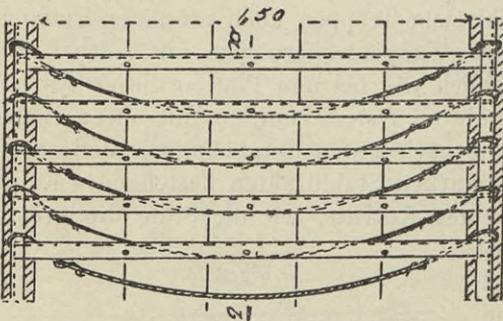
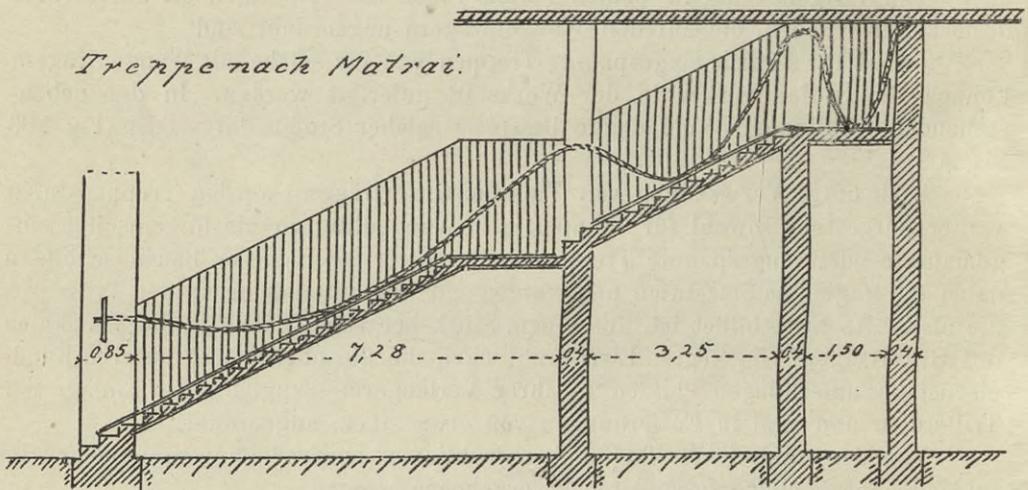


Fig. 211.

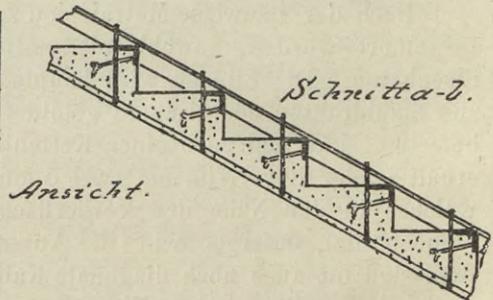
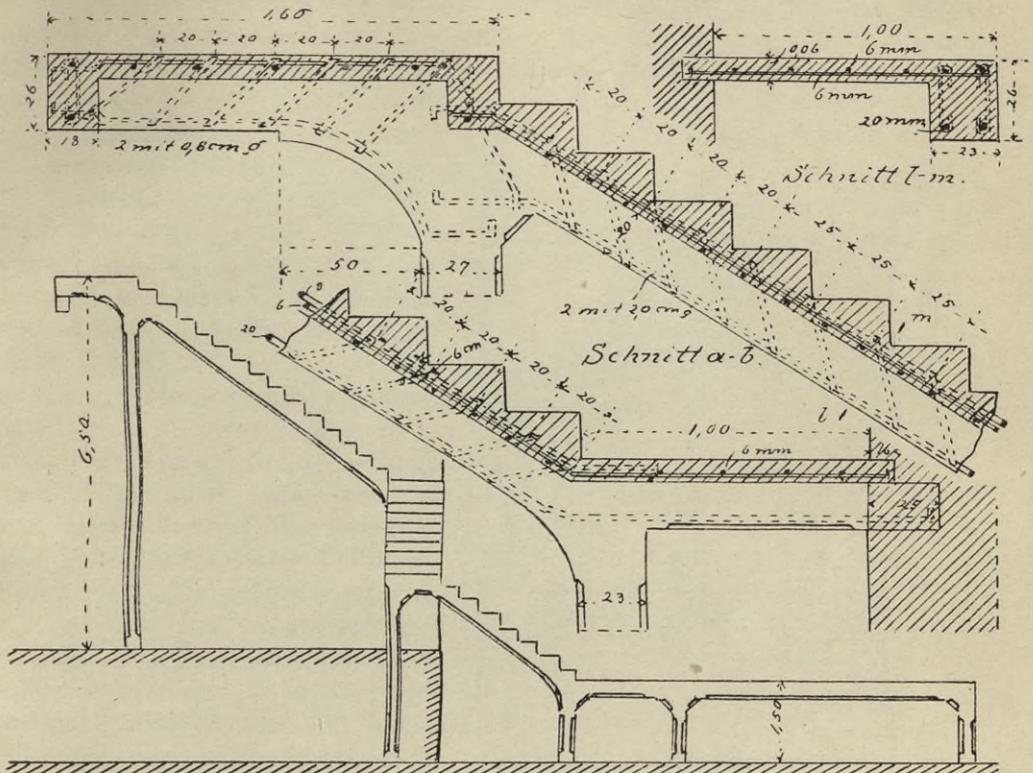


Fig. 212.

Wangen werden nach jeder halben Umdrehung durch Eisenbetonkonsolen unterstützt, die unten ein  $30 \times 30 \times 3$  mm starkes Winkeleisen, oben ein  $30 \times 5$  mm starkes Flacheisen als Einlage erhalten haben (Fig. 213 u. 214).

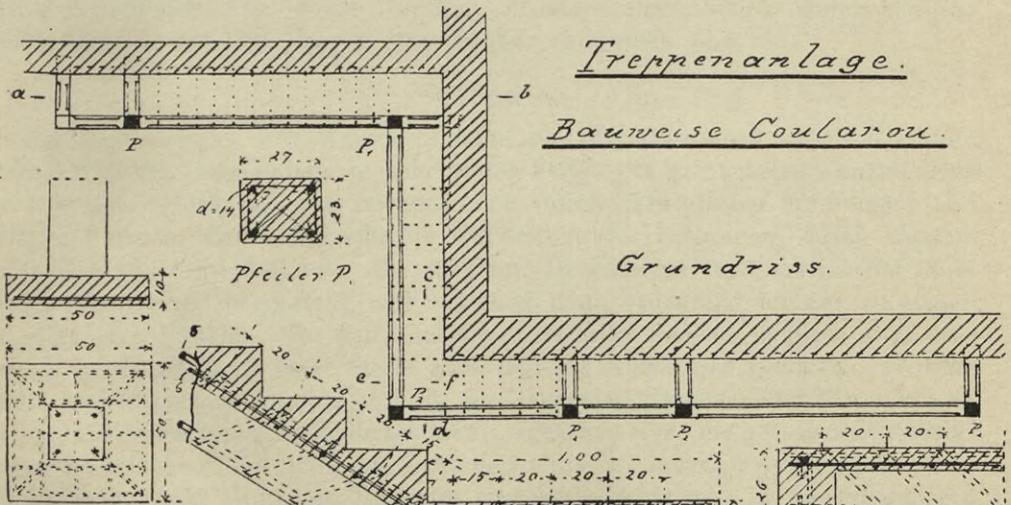
Auf Taf. VIII geben wir einige Teilzeichnungen einer nach der Bauweise Coularou ausgeführten Treppe. Dieselbe hat drei gerade Läufe und rechteckige Podeste. Sie stützt sich auf der einen Seite auf eine Mauer, auf der anderen auf Wangen- bzw. Podesträger, die auf 4 Eisenbetonpfeilern ruhen. Die beiden



Aufriss.

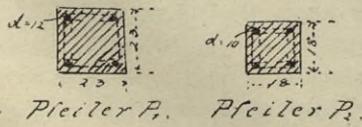
Treppenanlage.

Bauweise Coularou.



Grundriss.

Pfeilergründung.



Schnitt c-d.

Schnitt e-f.



unteren Läufe besitzen je 9, der obere 17 Stufen. Treppenplatte, Podeste, Träger und Säulen sind aus Eisenbeton konstruiert. Die beiden oberen Wangenträger haben eine horizontale Spannweite von etwa 6 m, während der untere 4 m freiliegt. Letzterer besitzt als Einlage ein unteres Rundeisen von 23 mm und ein oberes von 8 mm Durchmesser.

Sein Querschnitt beträgt  $18 \times 26$  cm. Beim Wangenträger des mittleren Laufes ist das untere Einlagerundeisen 30 mm stark, während der Wangenträger des oberen Laufes einen Querschnitt von  $23 \times 26$  cm, zwei obere Rundeisen von 8 mm und zwei untere von 20 mm Durchmesser besitzt. Obere und untere Einlagen sind durch schräge Bügel miteinander verbunden, von denen beim unteren Träger beispielsweise 15 vorhanden sind. Die Platte, auf der die Stufen aufgestampft sind, ist 7 cm dick und in gegenseitigen Abständen von 20 cm mit sich rechtwinklig kreuzenden Rundeisenstäben von 6 mm Stärke versehen. Der längste Pfeiler hat eine Länge von 6,50 m, einen Querschnitt von  $23 \times 27$  cm und besitzt 4 Rundeisen von 14 mm Durchmesser als Einlage, welche durch ähnliche Drahtbügel wie bei den Trägern miteinander verbunden sind.

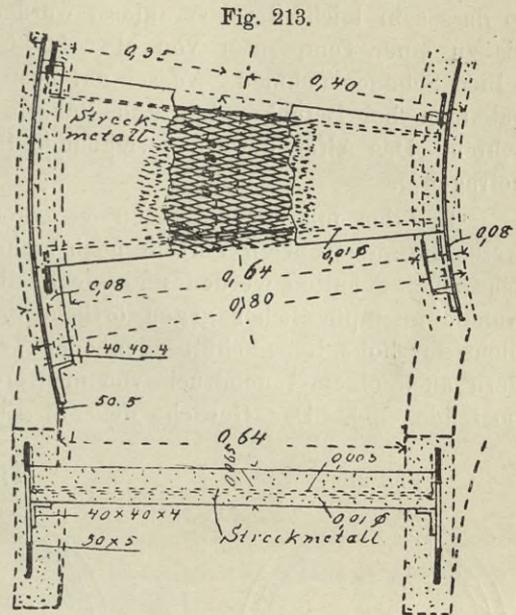


Fig. 214.

### Rohre.

**Allgemeines.** Für Wasserleitungen und Kanalisationen haben schon die Betonrohre ohne Eiseneinlage in sehr vielen Fällen die gemauerten Kanäle sowie die Tonrohre verdrängt. Sie zeichnen sich durch ihre glatten Wandungen und genauen Formen, durch die schnelle Herstellung der Leitungen, durch Wasserdichtigkeit und Festigkeit aus. Bis zu einem Durchmesser von etwa 1 bis 1,5 m werden sie vorher hergestellt und kommen dann bedeutend billiger zu stehen als gemauerte Kanäle. Vor den Tonrohren zeichnen sie sich dadurch aus, dass sie mit Leichtigkeit an jeder Stelle nachträgliche Anschlüsse gestatten, während solche nachträglichen Anschlüsse z. B. für Hausentwässerungen bei Tonrohren an Stellen, an denen keine Anschlussstutzen vorgesehen sind, die grössten Schwierigkeiten verursachen und schlecht dicht und ohne im Inneren vorspringende und die Abführung von Sand und Schlamm hindernde Mörtelteile zu bewerkstelligen sind. Ebenso kommen bei Tonrohren leichter Brüche vor. An den Bruchstellen sinkt das Tonrohr oft ganz zusammen, während Betonrohre, wenn sie einmal einen Riss erhalten, meist ihre Form ganz beibehalten und in der Regel auch dann noch eine gewisse Dichtigkeit besitzen. Bei grossem Gefälle und besonders bei dem Vorhandensein nicht genügend verdünnter Säuren in den Abwässern von Fabriken werden Tonrohre vorgezogen. Säuren, die bis auf etwa 0,1 % verdünnt

sind, können dagegen unbedenklich in Betonkanäle eingeleitet werden. Die Einleitung von Dampf in letztere ist dagegen unzulässig. Derselbe bildet sich z. B. in hohem Masse beim Abblasen eines Kessels unter hohem Druck. Durch den Dampf werden die Wandungen von Betonkanälen sehr ungleichmässig erwärmt, so dass sehr leicht Risse veranlasst werden. Dagegen kann man warmes Wasser bis zu einer Temperatur von etwa  $50^{\circ}$  C. in die Kanäle leiten, ohne dass dieselben Schaden nehmen. Ausser auf beste Baustoffe und sorgfältige Herstellung hat man bei Betonkanälen und Röhren auch auf eine gute Hinterfüllung zu achten. Das Alter der zu verlegenden Rohre soll zweckmässig 2 bis 3 Monate betragen<sup>1)</sup>.

Bei den mit Eiseneinlagen versehenen Betonrohren bzw. Zementrohren treten die aufgeführten Vorteile noch mehr zutage. Die Wandungen können noch schwächer gehalten werden und die Festigkeit wird eine grössere, so dass die Kanäle unempfindlicher gegen örtliche Senkungen des Baugrundes werden und nicht nur hohe Ueberschüttungen oder Verkehrslasten zu tragen vermögen, sondern auch einem Innendruck von mehreren Atmosphären Widerstand zu leisten imstande sind. Das Gewicht der mit Eiseneinlagen versehenen Rohre beträgt

Fig. 215.

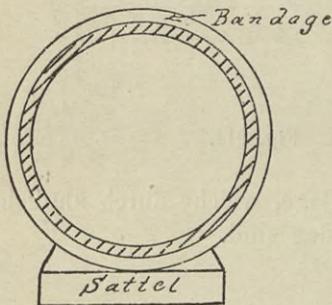


Fig. 216.

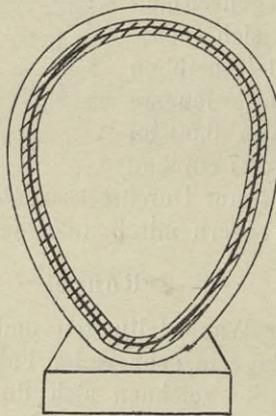


Fig. 217.

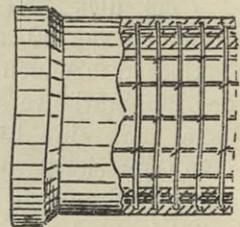


Fig. 218.



je nach dem Durchmesser nur  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{1}{3}$  von dem gleich weiten Rohre ohne Eisenein-

lagen. Oft macht sich an den Stössen eine Untermauerung oder eine Unterlage von sattelartigen gekrümmten Betonstücken erforderlich (Fig. 215 und 216).

Auch diese Rohre werden entweder in einzelnen Stücken fabrikmässig hergestellt oder man stellt sie in der Baugrube her. Mit der fabrikmässigen Herstellung geht man in der Regel nur bis zu einem Durchmesser von 1,5, ausnahmsweise bis zu einem solchen von 2 m. Die Dichtung an den Stössen erfolgt bei dickwandigen Rohren durch Muffen und Zementverguss (Fig. 217). Rohre von grösserem Durchmesser greifen oft nur durch kurze Falze ineinander und werden hier mit Zementmörtel vergossen und innen sauber verstrichen (Fig. 218). Dünnwandige Rohre grosser Weite stossen in der Regel stumpf aneinander. Die Dichtung erfolgt dann durch eine über die Stossstelle übergeschobene Muffe und

<sup>1)</sup> Zementröhren, ihre Verwendung, Prüfung und Bewertung in der Praxis. Von Prof. M. Gary. Berlin. Verlag der Tonindustriezeitung. 1,50 Mark.

Vergossen oder durch eine Eisenbandage gleicher Anordnung wie die der Rohreinlage und Umhüllung mit Beton bzw. Zementmörtel (Fig. 219).

In gleicher Weise wie Rohre werden Schachtringe, Sinkkasten, Einlassstücke u. dergl. für Kanalisationen ohne und mit Eiseneinlagen hergestellt. Die Röhrenfabrikation bildet das bedeutsamste Gebiet der Zementwarenfabrikation.

Einlagen. Für die Anordnung der Eiseneinlagen ist von Bedeutung, ob die Rohre nur äusserem oder nur innerem Druck zu widerstehen haben, oder ob beide Beanspruchungen auftreten. Bei Rohren kleinen Durchmessers wird die Einlage in der Regel in der Mitte der Wandstärke untergebracht. Die Einlagen bestehen fast immer aus zwei Lagen sich meist rechtwinklig kreuzender Stäbe, von denen die Tragstäbe mit der Umfangslinie des Querschnitts konzentrisch verlaufen, während die Verteilungsstäbe parallel zur Achse des Rohres gerichtet sind (Fig. 220 und 221). Bei den sog.

Zisseler Rohren werden fertige Drahtgewebe als Einlage benutzt. Bei Rohren grösseren Durchmessers und grösserer Wandstärke rückt die Einlage entweder in

die Nähe der inneren oder in die Nähe der äusseren Wandungs Oberfläche. Ersteres ist der Fall, wenn die Rohre äusserem Druck durch Ueber-schüttung und durch Ver-kehrslasten zu widerstehen haben, letzteres,

wenn sie hohem Innendruck ausgesetzt sind. Im ersteren Falle werden die Tragstäbe in die Nähe der Innenfläche gerückt und die Verteilungsstäbe liegen darüber. Im zweiten Falle liegen die Tragstäbe in der Nähe der äusseren Oberfläche, während die Verteilungsstäbe darunter angeordnet sind. Sehr grosse Rohre erhalten auch oft zwei vollständige Einlagen (Fig. 222).

Tragstäbe und Verteilungsstäbe werden an ihren Kreuzungsstellen wie bei den Platteneinlagen meist durch Drahtschlingen miteinander verbunden. Ausser der Kräfteverteilung kommt den Verteilungsstäben die wichtige Aufgabe zu, die Tragstäbe während der Herstellung der Einlage und während des Umstampfens mit Beton in der richtigen Lage und in dem richtigen gegenseitigen Abstand zu erhalten. Ist der äussere Druck gleichmässig verteilt, so werden die Rohre wie Gewölbe beansprucht. Die Querschnitte der Einlagestäbe sind meist kreisförmig, doch kommen auch Einlagen aus kleinen Profileisen mit L-, I-, C-förmigem Querschnitt vor wie beispielsweise bei der Bauweise Bordenave oder mit +-förmigem Querschnitt wie bei der Bauweise Bonna (Fig. 323—326). Meist

Fig. 219.

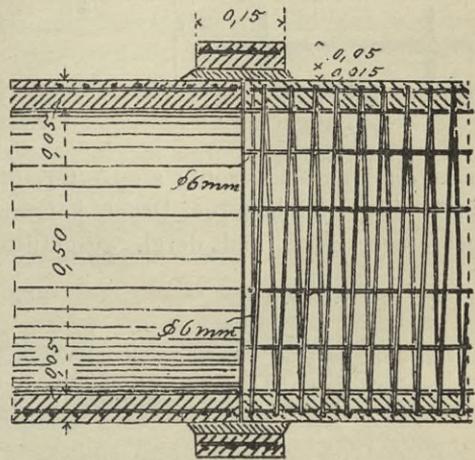


Fig. 220.

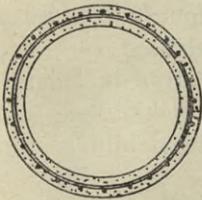


Fig. 221.

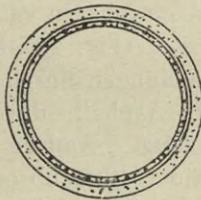
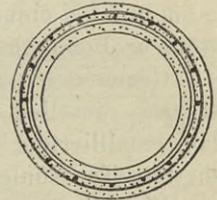


Fig. 222.



bilden die Tragstäbe in sich geschlossene Ringe wie die Tragstäbe der Monierbauweise, die wie die Verteilungsstäbe aus Rundeisen bestehen (Fig. 217). In

anderen Fällen werden die Tragstäbe spiralförmig angeordnet (Fig. 219). Auch Einlagen aus zwei nach entgegengesetzten Seiten gewundenen Spiralen kommen vor.

Ist der Innendruck, dem die Rohrwandung ausgesetzt ist, nicht zu bedeutend, etwa bis zwei Atmosphären, so genügt zu ihrer Dichtung in der

Regel ein innerer Verputz aus fetterem Zementmörtel in der Mischung von 1 : 1 bis 1 : 1,5. Bei höherem Druck hat man die Rohre innen mit einem Mantel aus verbleitem Blech und dergl. ausgefüllt. Man hat solche Rohre aus dünnem

Eisen oder Stahlblech auch zwischen zwei Einlagen im Innern der Betonwandung angeordnet. Die äussere Einlage wird dann bei der Berechnung allein in Betracht gezogen. Auf solche Weise sind Wasserleitungsrohre und Druckrohrleitungen von Kanalisationen nach Rieselfeldern bei einem inneren Durchmesser bis zu

1,80 m und bei einem Innendruck von 4 bis 10 Atmosphären von dem französischen Ingenieur Bonna hergestellt und gedichtet worden (Fig. 227 und 228).

Gegen einen Angriff der inneren Rohrwandungen durch Säuren und dergl. hat man dieselben durch einen Ueberzug aus Asphalt, durch Bekleidung mit Glas, emailliertem Eisenblech und dergl. geschützt. Andere Mittel bilden eingebettete Tonschalen sowie ein Anstrich mit Siderosthenlubrose.

Was die Querschnitte der Rohre betrifft, so sind solche mit kreisförmigem, eiförmigem, elliptischem und dergl., aber auch mit rechteckigem Querschnitt ausgeführt.

Monierrohre. Sie werden in lichten Weiten von 8 cm bis etwa 2,50 m ausgeführt. Für geringere Weiten bildet die Anfertigung auf dem Werkplatz die Regel, während Rohre von grösserem Durchmesser auch in der Baugrube hergestellt werden. Kleine Rohre erhalten nur eine Einlage aus Trag- und Verteilungsstäben, die fast immer aus Drähten oder dünnem Rundeisen bestehen. Die Verbindung der einzelnen Rohre geschieht durch Muffen, die mit Zementmörtel gedichtet werden. Sehr weite Rohre erhalten meist zwei Einlagen. Der Stoss wird durch übergeschobene und mit Zement vergossene Ringe aus Eisenbeton gedichtet. An den Stossstellen ruhen die Rohre meist auf Unterlagen. Die Ringe an den Stossstellen können ebenfalls vorher oder erst in der Baugrube angefertigt werden.

Monierrohre wurden z. B. verwendet in Offenbach (Stadtbauamt) von 50 bis 150 cm Durchmesser, in Braunschweig von 125 cm Lichtweite und 10 bis 15 cm

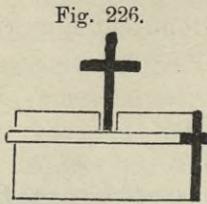
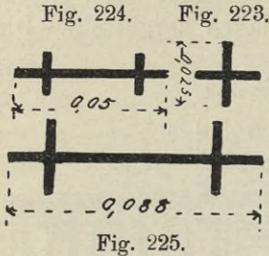


Fig. 227.

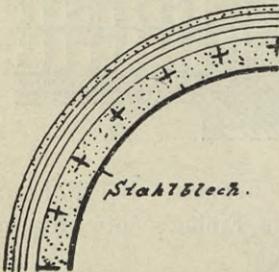
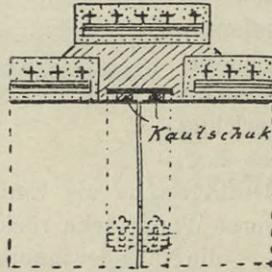


Fig. 228.



Wandstärke, sowie von 150 cm Lichtweite und 11 bis 18 cm Wandstärke, in Eisenach (120 cm Höhe), Hannover, St. Johann, Löwenberg, Pforzheim, in Dortmund (bei 5 m Wasserdruck), Bochum, Frankfurt a. d. O., Altona usw.

Zisselerröhre wurden verwendet in München, Bremen, Luxemburg usw.

In Bremen geschah die Dichtung der Stösse der Zisselerröhren, die auf 15 cm breiten Zementbetonböcken mit Eiseneinlage ruhten, von aussen durch ein 4 cm dickes und 15 cm breites Zementband mit eingelegtem Drahtgewebe. Auch in Königsberg erfolgte die Dichtung mit Drahtgeflecht und Zementbandagen auf Betonsätteln. In Oldenburg wurde um die Muffenfugen 15 cm breit schmiegsames Gewebe und dünner Draht gelegt und 2 cm dick bester Zementmörtel aufgebracht. In Schweidnitz liegen die grösseren Rohre auf Zementböcken und erhalten an den Stössen ein zementiertes Drahtband.

Bauweise Coignet. Nach dieser Bauweise wurde eine mit natürlichem Gefälle versehene Kanalisationswasserabflussleitung von Paris nach Archères mit 3 m innerem Durchmesser bei kreisförmigem Querschnitt hergestellt. Die Wandstärke beträgt nur 6 cm. Ausserdem ist innen ein 2 cm starker Verputz aus fettem Zementmörtel angebracht. Das Mischungsverhältnis für die Rohrwandung betrug 450 kg Portlandzement auf 1 cbm Sand und feinem Kies, während für den inneren Verputz ein Mörtel aus gleichen Teilen Zement und feinem Kies verwandt wurde. Die Trag- und Verteilungsstäbe bestanden aus dünnem Rundstahl von 8 mm Durchmesser. Die Verteilungsstäbe liegen im unteren Teil des Rohres und etwa  $\frac{2}{3}$  m über dem horizontalen Durchmesser innerhalb der Tragstäbe, in dem oberen Teil sind sie ausserhalb derselben angeordnet. Das ganze Rohr ruht auf einem Betonkörper von 1 bis 1,50 m Breite, je nach der Trag-

Fig. 229.

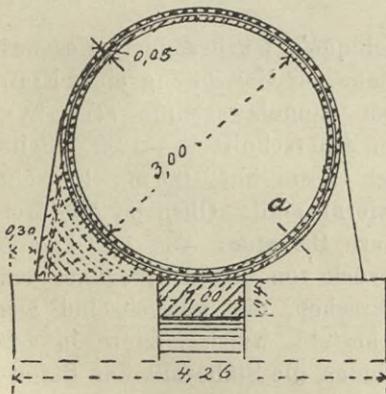
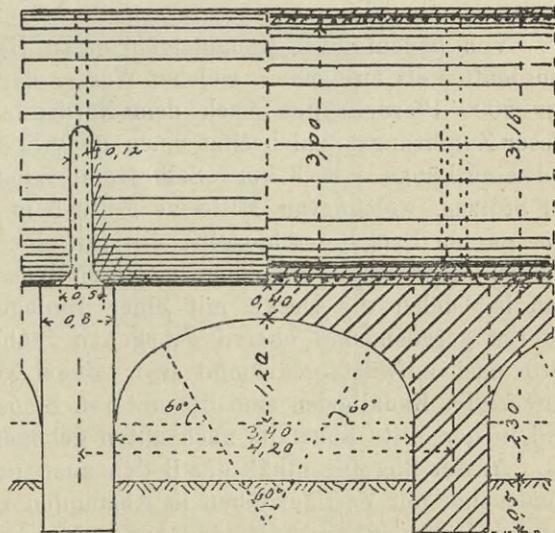


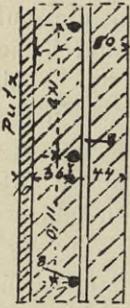
Fig. 230.



fähigkeit des Bodens. In Abständen von 4,20 m sind seitliche Stützen von 20 cm Dicke aus Eisenbeton angebracht, die bis zur Rohrmittle reichen. Bei tief liegendem Terrain wird das Rohr durch elliptische, 1 m breite und 3,40 m weite Bogen getragen (Fig. 229 bis 231). Die Leitung besitzt eine Länge von 561,40 m und ist an Ort und Stelle in einem Stück ausgeführt.

Coignet führte auch einen elliptischen Stollen aus, der zur Aufnahme zweier Rohre von 1,80 m Durchmesser diente. Die Länge desselben betrug 5200 m, seine Stärke 0,08 m, die lichte Weite 5,16 m und die lichte Höhe 3,34 m. Es wurde Beton von derselben Mischung wie oben verwandt. Trag- wie Verteilungsstäbe bestanden aus Stahlstäben von 16 mm Durchmesser, welche ein Netz von 11 cm Maschenweite bildeten. Die Erdüberschüttung betrug 5 m. Die 0,40 m starke Betonsohle ist nicht armiert. An den Seiten ist die Betonwandung stärker und stützt sich widerlagartig gegen die Wände der Baugrube. Auch hier liegen in den Schenkeln die Verteilungsstäbe innen, in den oberen Teile aussen. Die Tragstäbe reichen bis in den Beton der Sohle und stützen sich hier auf  $\square$ -Eisen von 5 cm Höhe. Im übrigen gleichen die von Coignet angewandten Rohreinlagen denen der Monierbauweise.

Fig. 231.



Schnitt α.

Bauweise Hennebique. Rohre und Kanäle werden bei der Bauweise Hennebique mit ähnlichen Einlagen versehen wie bei der Bauweise Monier. Auch hier finden wir die verschiedensten Querschnitte. Die Tragstäbe sind einfach und doppelt und folgen der Umgrenzungslinie des Rohrquerschnitts. Ist nur eine einfache Lage von Tragstäben vorhanden und soll das Rohr hauptsächlich dem äusseren Erddruck widerstehen, so liegen dieselben in der Nähe der Innenwand, während die Verteilungsstäbe, welche die Aufgabe haben, die in der Längenrichtung des Rohres auftretenden Biegungsspannungen aufzunehmen, aussen angeordnet sind. Sind zwei Lagen von Tragstäben vorhanden, so werden die Verteilungsstäbe zwischen jenen angeordnet (Fig. 222). Es sind auch Kanäle ausgeführt, bei denen in der Sohle und in den Seitenwänden doppelte, im oberen Gewölbeteil dagegen einfache Tragstabeinlagen angewendet wurden.

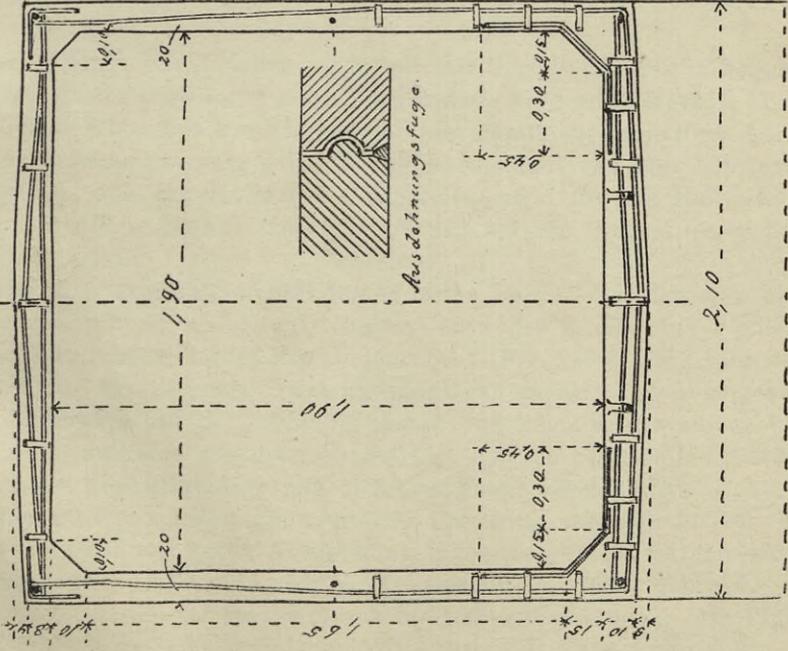
Von bedeutenden Kanalausführungen Hennebique's ist besonders der des Simplontunnels zu nennen, welcher Wasser der Rhone zur Gewinnung einer Kraft von 2000 Pferdekräften nach dem Nordende des Tunnels schaffte (Taf. IX). Dieser Zuführungskanal besitzt einen quadratischen Querschnitt von 1.90 m Seite und eine Länge von 3 km. Sein Gefälle beträgt 12 cm auf 100 m. Er ruht auf Stützen, welche von Mitte zu Mitte 5 m entfernt sind. Oben ist er durch eine gerade Decke geschlossen, die für eine obere Belastung von 300 kg/qm, zugleich aber auch für einen mässigen Wasserdruck von innen berechnet ist. Man hat deher die Decke mit einer Einlage versehen, die abwechselnd aus unteren geraden und oberen gebogenen Stäben besteht, welche letztere in der Mitte nach aufwärts gekrümmt sind. Bügel verbinden die Stäbe mit der Betonmasse. Im Kanalboden sind die unteren Stäbe leicht gekrümmt und die oberen sind in der Mitte ebenfalls nach unten gebogen, um die unteren zu unterstützen.

Ausser Bügeln enthält der Boden auch noch einige Längsstäbe. Die Seitenwände sind mit Vertikalstäben in Abständen von 20 cm versehen, welche in der unteren Hälfte in der Nähe der Aussenfläche liegen und sich nach oben zu der inneren Oberfläche nähern. Am oberen und unteren Ende der Seitenwände sind auch noch Längsstäbe eingebettet. Von den Stützpunkten her gehen ausserdem schräge Einlagen nach den unteren Längseinlagen, um die Wände auf etwa  $\frac{1}{3}$  ihrer freien Länge nochmals zu unterstützen. Besondere winklig gebogene Ein-

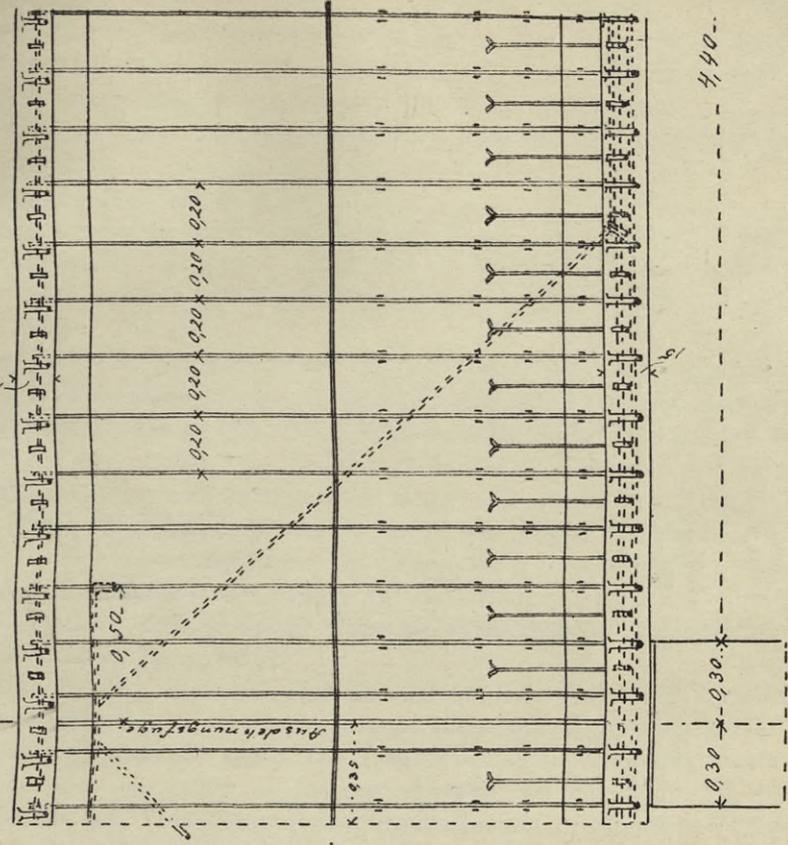
Taf. IX.

Wasserleitungskanal für den Simplon-Tunnel.

Querschnitt.



Längenschnitt.



Haberstroh, Eisenbeton.



lagen versteifen die Verbindung zwischen dem Boden und den Seitenwänden. Die Seitenwände sind 10 cm stark, die Abdeckung an den Seiten 8, in der Mitte 12 cm, der Boden an den Seiten 10, in der Mitte 15 cm. Alle 5 m sind über den Stützen Ausdehnungsfugen angeordnet (Taf. IX). Die Stützen sind durchschnittlich 4 bis 6 m, doch auch bis 10 m hoch und teils in Mauerwerk, teils in Eisenbeton ausgeführt. Sämtliche Einlagestäbe bestehen aus Stahl. Sie haben einen Durchmesser von 5 bis 10 mm.

Der Kanal wurde zu dem Preise von 100 Francs (80 Mark) für das laufende Meter ausgeführt, d. h. nur wenig teurer als ein in Holz projektierter und veranschlagter Kanal mit natürlich geringerer Festigkeit und Dauerhaftigkeit gekostet hätte.

In ähnlicher Weise wie der vorige ist ein oben offener Wasserzuführungskanal für ein Elektrizitätswerk bei Evillard in der Schweiz konstruiert. Die äussere Breite beträgt 3,0 m, die Höhe 0,75 m. Die Wände sind 8 cm stark. Die Längseinlagen am oberen und unteren Ende der Seitenwände sind 15 mm stark, die übrigen Längs- und Quereinlagen haben eine Stärke von 8 bis 10 mm, während die Bügel aus Flacheisen von  $20 \times 1,5$  mm Stärke bestehen. An den Ecken sind auch hier besondere Stäbe zur Versteifung vorgesehen. Der Kanal ist 465 m lang und ruht teils unmittelbar auf dem Boden, teils auf Pfeilern, die 2 m auseinanderstehen, teils bildet er einen Brückenkanal mit zwei Oeffnungen von je 10,70 und 12 m Spannweite.

Bauweise Bonna. Bonna versah seine Rohre mit Trag- und Verteilungsstäben von kreuzförmigem Querschnitt, die so stark waren, dass sie allein alle Kräfte aufzunehmen imstande sind. Die Tragstäbe laufen entweder ringförmig in sich zurück, oder sie gehen in Spiralwindungen um das Rohr. In beiden Fällen sind sie mit den Verteilungsstäben unverschieblich verbunden, indem sie meist in Einschnitten gelagert sind, die in einer Rippe der Verteilungsstäbe angebracht sind (Fig. 226).

Die ganze Einlage bildet daher schon vor der Umstampfung mit Beton ein unverschiebliches, festes Ganze und kann fabrikmässig hergestellt werden. Bonna wandte als Einlage Stäbe mit kreuzförmigem Querschnitt an, weil diese bei geringer Querschnittsfläche ein sehr grosses Trägheitsmoment und eine sehr grosse Oberfläche besitzen, was für die eigene Festigkeit, sowie für die Haftfestigkeit des Betons vorteilhaft erscheint. Die Figuren 223 bis 225 zeigen Querschnitte Bonna'scher Einlageeisen.

Wie schon oben erwähnt, dichtet Bonna seine Rohre, die bisweilen einem sehr hohen Innendruck zu widerstehen haben, entweder durch eine Stahlrohrverkleidung auf der Innenseite des Eisenbetonrohres (Fig. 227 u. 228) oder durch ein verbleites Rohr, das zwischen zwei Eiseneinlagen in den Beton eingebettet ist. Da diese Stahlrohre nur der Dichtung dienen und keine Kräfte aufzunehmen haben, besitzen sie nur eine sehr geringe Stärke. An den Stossstellen geschieht die Dichtung durch Kautschukringe und übergeschobene Blechmuffen. Ueber die ganze Stossstelle wird ausserdem ein armierter Betonring aufgebracht (Fig. 228). In Entfernungen von 50 m waren Ausdehnungsfugen angebracht. Die einzelnen Rohrstücke waren 2,50 bis 3,50 m lang. Für einzelne in dieser Bauweise ausgeführte Leitungen betrug der innere Druck bis 100 m Wasserhöhe. Als Einlage kamen hauptsächlich drei verschiedene Profile kreuzförmigen Querschnitts zur

Verwendung (Fig. 230 u. 231), deren Abstand voneinander je nach dem Durchmesser der Rohre und dem Innendruck verschieden war. Die inneren Stabrohrverkleidungen waren genietet. Die in der Betonmasse liegenden Dichtungsrohre waren z. B. bei den Leitungen der Rieselfelder von Archères gefalzt. Die Wandstärke der Rohre betrug hier 3,5 bis 7 cm.

**Bauweise Bordenave.** Auch hier bilden die Tragstäbe Schraubelinien, während die Verteilungsstäbe parallel mit der Achse verlaufen. Beide haben meist einen  $\perp$ -förmigen Querschnitt und bestehen aus Stahl. Die Verteilungsstäbe liegen innen und sind an den Kreuzungsstellen durch Drahtschlingen an die Tragstäbe geheftet. 60 cm weite Rohre hatten bei einem Innendruck bis 24 m Wassersäule eine Wandstärke von 4 cm. Die Verteilungsstäbe lagen in Entfernungen von etwas über 8 cm, während die Ganghöhe der schraubenförmigen Umschüürung durch die Tragstäbe je nach dem Innendruck rund 8 bis 5 cm betrug. Die einzelnen Rohre waren 3 m lang und an den Stossstellen durch Betonringe mit Eiseneinlage und Zementverguss gedichtet.

**Andere Bauweisen.** Aehnliche Anordnungen der Einlagen wie die vorigen benutzen die zahlreichen anderen Bauweisen. So benutzt die Bauweise Cottancin Einlagen ähnlich denen der Monierbauart. Statt des an Ort und Stelle aus einzelnen Stäben hergestellten Gitterwerkes bildet die Einlage jedoch hier ein geschlossenes, vorher angefertigtes engmaschiges Gewebe von dünnem Draht. Auch das Streckmetall hat als Einlage für Rohre und Behälterwände namentlich in Amerika Verwendung gefunden.

### Behälter.

**Allgemeines.** Der Behälterbau war eins der ersten Anwendungsgebiete des Eisenbetonbaues und ist hier seit seiner Erfindung an äusserst mannigfach und für die verschiedensten Zwecke angewandt worden.

Als Verteilungsbehälter für Wasserleitungen sind Behälter aus Eisenbeton bis zu mehreren tausend Kubikmeter Inhalt konstruiert. Bei Kanalisationen haben sie als Sammel- und Klärbehälter Verwendung gefunden. Ebenso sind Abort- und Jauchegruben daraus hergestellt.

Schwimmbassins von grossen Abmessungen hat man ebenso aus Eisenbeton hergestellt wie Badewannen und Waschbehälter.

Ferner haben Behälter aus Eisenbeton in vielen Fabriken Verwendung gefunden nicht nur zur Aufnahme von Wasser, sondern für die verschiedensten anderen Flüssigkeiten wie beispielsweise für Teer, Wein, Weinessig, verdünnte Säuren, Branntwein usw. War der Beton zur Aufnahme der betreffenden Flüssigkeiten nicht unmittelbar geeignet, so hat man dann oft die inneren Wandungen mit Glas, Porzellan und dergl. bekleidet.

Sehr zahlreich ist die Verwendung des Eisenbetons für Gruben und Behälter in Brauereien, Gerbereien, Gasfabriken, Färbereien, Bleichereien, Papierfabriken usw.

In vielen Fällen, in denen heisse Flüssigkeiten von den Behältern aufzunehmen waren, hat man die Konstruktion in Eisenbeton vorgezogen, weil hier die verhältnismässig sehr dünnen Wandungen sehr schnell eine gleichmässige Temperatur annahmen, während bei Mauerwerk und dergl. die äusseren Teile

sich nur langsam erwärmen und dann wegen der verschiedenen Ausdehnungen leicht Rissbildungen eintreten.

Wegen der sehr geringen Wandstärken gestatten ferner Eisenbetonbehälter eine gute Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Raumes, was für die Unterbringung der Behälter in Gebäuden oft von grossem Vorteil ist.

Endlich sind auch zahlreiche Behälter für trockene Stoffe, sogenannte Silos, in Eisenbeton ausgeführt und zwar für Kohle, Erze, Zement, Korn, Sand, Kalk, Steinschlag usw.

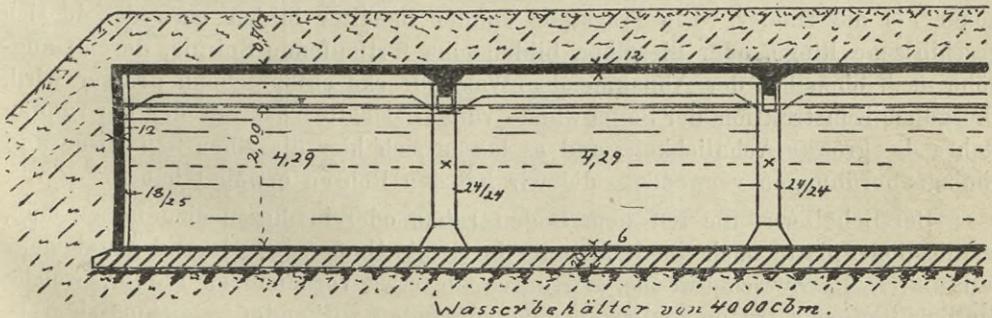
Was die Lage namentlich der Wasserbehälter anbetrifft, so sind dieselben entweder in den Boden eingelassen und oft zum Schutz gegen Temperaturschwankungen und besonders gegen Frost ganz mit Erde bedeckt, oder sie sind auf den Erdboden gestellt, oder endlich hat man sie in den oberen Stockwerken von Gebäuden untergebracht oder besondere Wassertürme für dieselben errichtet, zuweilen von beträchtlicher Höhe.

Bei unterirdischen oder auf dem Boden ruhenden Behältern hat man die Sohle zuweilen aus nicht armiertem Beton hergestellt. Oft ist auch für die Wände namentlich unterirdischer Behälter eine Ausführung in Beton gewählt, und man hat nur zur besseren Dichtung eine dünne Verkleidung mit Eisenbeton im Inneren vorgenommen. In dieser Weise ist in Amerika hauptsächlich das Streckmetall vielfach als Einlage zur Verwendung gekommen.

Man hat die Behälter sowohl mit ebenem Boden versehen wie auch mit einem solchen, der nach einer Kugelhaube gekrümmt ist. Im letzteren Falle geht die Krümmung nach unten oder heute auch vielfach nach der Intzeschen Anordnung nach oben.

Ferner sind die Behälter oben offen gelassen oder mit einer Decke versehen, welche sich bei kleineren und namentlich bei runden Behältern dann meist nur auf die Behälterwände stützt, während bei grösseren rechteckigen Behältern noch eine Unterstützung durch Pfeiler oder Wände erfolgt. Behälter rechteckiger Grundrissform sind meist, namentlich wenn sie unter dem Erdboden liegen, mit horizontalen, nach Art der Plattenbalken konstruierten Decken versehen (Fig. 232),

Fig. 232.



während runde Behälter meist kugelhaubenförmige Decken beziehungsweise Dächer erhalten (Fig. 233, 240).

Grundriss und Beanspruchungen. Der Grundriss der Behälter ist entweder kreisförmig oder rechteckig, für Silos wird auch oft ein regelmässig

sechseitiger Grundriss der einzelnen Zellen gewählt. Meist wird für Flüssigkeitsbehälter der kreisförmige Grundriss vorgezogen. Freistehende Wände werden dann in jeder Horizontalebene überall gleichmässig durch den inneren Wasserdruck auf Zug beansprucht. Solche Behälter lassen sich auch am besten dicht herstellen. Kleineren Behältern dieser Art gibt man den Durchmesser zur Höhe, um eine möglichst geringe Gesamtoberfläche zu erhalten. Bei grösseren runden Behältern geht man mit der Höhe jedoch bis höchstens etwa 5 m, weil mit zunehmender Wassertiefe der Wasserdruck wächst.

Rechteckige Behälter müssen in den Wandungen so konstruiert werden, dass diese den horizontalen Biegebungsbeanspruchungen widerstehen. Die Ecken erfordern hier ganz besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt bei der Konstruktion und bei der Herstellung, damit hier keine Undichtigkeit eintritt. Grosse Behälter werden auch mit einer oder mehreren Zwischenwänden konstruiert, um z. B. eine Reinigung der einzelnen Abteilungen vornehmen zu können, ohne den Betrieb zu stören. Diese Zwischenwände dienen zugleich zur Unterstützung und Verankerung der Seitenwände, welche dann als an diesen Stellen unterstützte oder eingespannte Platten zu konstruieren und zu berechnen sind, so dass sie entweder mit einer doppelten, die Tragstäbe einer Platte bildenden horizontalen Einlage versehen werden oder mit einer Horizontaleinlage, welche im mittleren Teil der freien Länge in der Nähe der Aussenfläche, an den End- und Querwänden dagegen in der Nähe der Innenfläche eingelagert ist. Bei runden wie eckigen Behältern liegen die Verteilungsstäbe senkrecht. Bei beiden ordnet man die horizontalen Stäbe entweder in gleichen Zwischenräumen an und lässt ihren Querschnitt nach unten hin dem grösser werdenden Wasserdruck entsprechend wachsen, oder man macht die Stäbe für die ganze Höhe der Behälterwand gleich stark und legt sie nach unten zu entsprechend enger aneinander.

Rechteckige Behälter lassen sich mit besserer Raumausnutzung in Gebäuden unterbringen als runde, auch kann man bei Aufstellung mehrerer nebeneinanderliegender Behälter dadurch sparen, dass man bei ersteren gemeinschaftliche Zwischenwände anwendet. Bei beiden Behälterformen nehmen die Wandstärken von oben nach unten in der Regel etwas zu, wenn die Höhe einigermassen beträchtlich ist. Die Herstellungskosten rechteckiger Behälter sind im allgemeinen höher als die runder. Die Tragstäbe runder Behälter bilden entweder in sich geschlossene Ringe, oder dieselben bilden eine fortlaufende Spirale, deren Ganghöhe nach oben hin der Abnahme des Wasserdrucks entsprechend grösser wird. Die ganze Konstruktion der Seitenwände runder Behälter hat mit der runden Rohre die grösste Aehnlichkeit, und es lassen sich hier dieselben Bauweisen und Einlageanordnungen verwenden, die wir bei den Rohren erwähnt haben.

Bei Behältern, die auf dem Boden ruhen oder in diesen eingelassen sind, ist die Bodenplatte nach der Belastung durch die Umfangswände und gegebenenfalls durch die Zwischenwände und durch die etwa vorhandenen Pfeiler, welche die Behälterdecke tragen und nach dem von unten wirkenden, gleichmässig verteilten Widerstand des Baugrundes auf Biegung zu berechnen und zu konstruieren, wobei man auch den Belastungszustand bei leerem Behälter zu berücksichtigen hat. Letzterer Zustand kann oft zur Anwendung von Eisenbeton auch für die Bodenplatte führen, um dieselbe namentlich bei wenig tragfähigem oder un-

gleichmässigem Baugrund trotz geringer Stärke gegen die auftretenden Biegun-  
spannungen widerstandsfähig zu machen.

Die Decken derartiger Behälter haben in der Regel ausser ihrem Eigen-  
gewicht noch die Last einer Erdaufschüttung, zuweilen auch noch Verkehrslasten  
zu tragen.

Für in den Boden eingelassene oder mit Erdüberschüttung versehene Be-  
hälter wirkt auf die Umfassungswände noch von aussen der Erddruck. Man hat  
hier die drei Zustände in Betracht zu ziehen, bei denen die Wand ausser durch  
Eigengewicht und senkrechte Belastung durch die Decke usw. beansprucht wird,  
entweder von innen durch den Wasserdruck und von aussen durch den Erddruck,  
oder, bei leerem Behälter, nur von aussen durch den Erddruck oder endlich, bei  
freigelegter Behälterwand, nur von innen durch den Wasserdruck. Die wechselnde  
Richtung der horizontalen Kräfte kann hier ebenso zur Anwendung je einer Ein-  
lage in der Nähe der Innen- und der Aussenfläche führen, wie bei den Zwischen-  
wänden von rechteckigen Flüssigkeitsbehältern oder von Silos, woselbst man  
ebenfalls auf den gefüllten bzw. leeren Zustand der Behälterabteilungen und  
Silozellen Rücksicht zu nehmen hat.

Rechteckige Behälter erhalten bei grossen Wandhöhen und Wandlängen oft  
noch zur Versteifung Rippen, die innen oder aussen angebracht werden können.

Sowohl offene wie bedeckte grössere Behälter erhalten am oberen Rande  
oft noch eine horizontale Verstärkungsrippe oder wenigstens eine stärkere Ein-  
lage. Bei runden meist kuppelartig überdeckten Behältern dient diese obere  
Horizontalrippe oder verstärkte Ringarmierung ausserdem zur Aufnahme des  
durch die Flachkuppel auf die Umfassungswand ausgeübten Horizontalschubes.

Bei erhöht angelegten und freistehenden Behältern wirkt von aussen noch  
der Winddruck. Solche Behälter von Wassertürmen u. dergl. ruhen dann in der  
Regel auf einzelnen Säulen oder Pfeilern aus Eisenbeton, die miteinander in ge-  
wissen Abständen durch horizontale Riegel verbunden sind. Die äusseren Felder  
zwischen diesem Gerippe bleiben oft frei, oder sie werden durch dünne Wände  
aus Ziegeln u. dergl. geschlossen. Oft sind mehrere Zwischendecken eingeschaltet,  
die durch Treppen miteinander verbunden sind. Zuweilen finden sich auch  
mehrere verschiedenen Zwecken dienende Behälter übereinander angeordnet  
(Taf. X, Fig. 1).

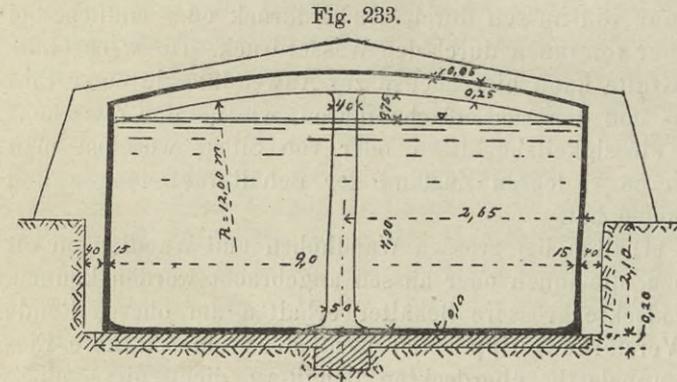
Die Ecken zwischen den Wänden, sowie zwischen den Wänden, dem Boden  
und der Decke werden zweckmässig abgerundet. Die Einlagen gehen in ge-  
bogener Form von einem Teil in den anderen über, oder es werden an diesen  
Stellen besondere Einlagen zur Versteifung und sicheren Verbindung, sowie zur  
Kraftübertragung eingeschaltet.

Wasserdichtigkeit. Besondere Sorgfalt und Aufmerksamkeit ist bei  
der Herstellung von Behältern allen bereits oben erwähnten Bedingungen zuzu-  
wenden, unter denen eine Rissbildung verhütet wird, um Wasserdichtigkeit zu  
erzielen. Die Einflüsse der Temperatur sowie die durch Nässe und Trockenheit  
entstehenden Ausdehnungen und Zusammenziehungen des Betons sind zu be-  
achten. Oft werden auch hier beispielsweise bei grossen Schwimmbassins Aus-  
dehnungsfugen anzuordnen sein, die dann auf geeignete Weise zu dichten sind.  
Unter gewöhnlichen Umständen genügt in der Regel zur völligen Dichtung ein  
innerer 1 bis 3 cm starker Verputz mit fettem Zementmörtel. In anderen

Fällen, in denen die Behälter zur Aufnahme von Flüssigkeiten dienen, die entweder den Zement angreifen, oder die selber durch den Zement schädlich beeinflusst werden würden, erhalten die Innenflächen Ueberzüge aus Asphalt usw. oder Verkleidungen aus Glas, Porzellan u. dergl. Zur Beseitigung des schädlichen Einflusses der äusseren Temperatur werden freiliegende Behälter oft noch umbaut oder mit doppelten Wänden bezw. Böden und Decken versehen, wobei der Zwischenraum mit einer schlecht wärmeleitenden Masse ausgefüllt wird.

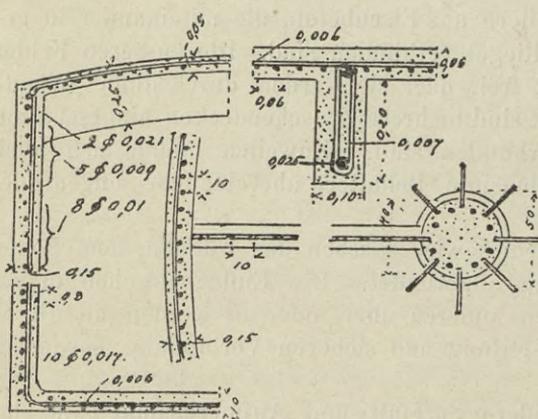
**Runde Flüssigkeitsbehälter.** Runde Behälter erhalten zweckmässig einen kreisförmigen Grundriss und senkrechte Wände. Bei unterirdischen Behältern bilden Wände und

Decke auch zuweilen eine einzige Kuppel (Fig. 240). Die Wandstärke beträgt bei zylindrischen Behältern oben 5 bis 8, unten 10 bis 15 cm. Der Boden ist meist eben (Fig. 233), bei unterirdischen oder auf dem Erdboden aufliegenden grösseren Behältern auch nach unten, bei hochstehenden nur

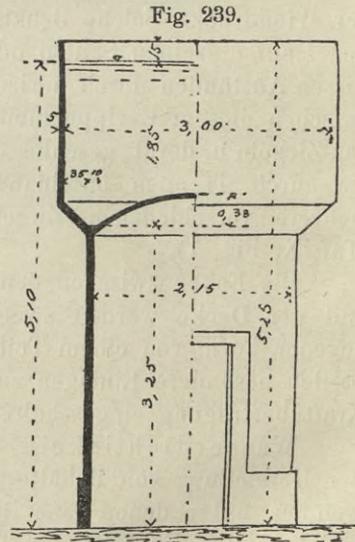


am Rande oder mehr nach innen in einer Ringfläche unterstützten Behältern auch nach oben kugelhaubenartig gekrümmt (Fig. 239).

Fig. 234 bis 238.



Die Einlagen bestehen aus horizontalen Drähten, Rundeisen oder Profileisen der verschiedensten Art, die als Tragstäbe dienen und in sich geschlossene Ringe oder eine fortlaufende Spirale bilden.



Im ersteren Falle werden Einlagen, die aus Draht bestehen, mit ihren Enden schraubenförmig zusammengewunden. Rundeisen werden mit Gewinden versehen und durch Gewindemuffen zusammengehalten oder in den Muffen mittels Keile befestigt. Profileisen können zusammengenietet werden, gegebenen-



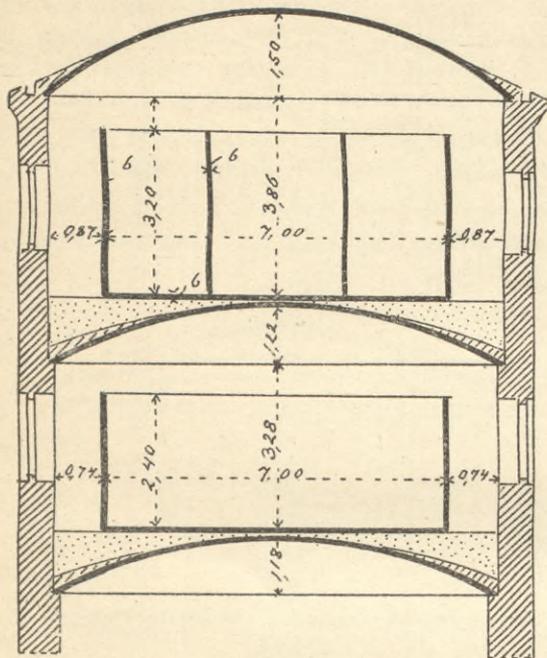


Fig. 1.

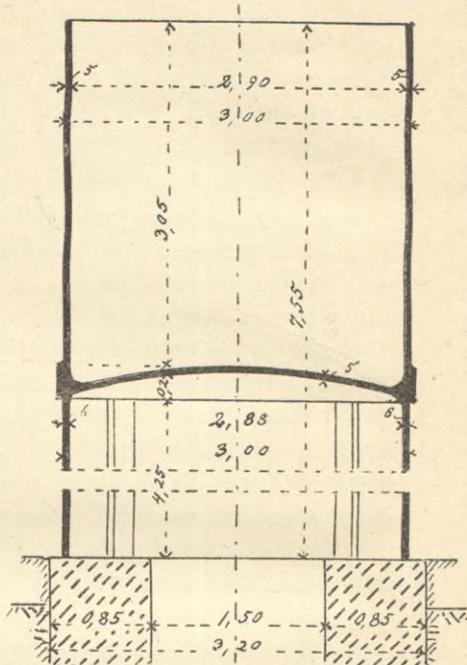


Fig. 2 bis 4.

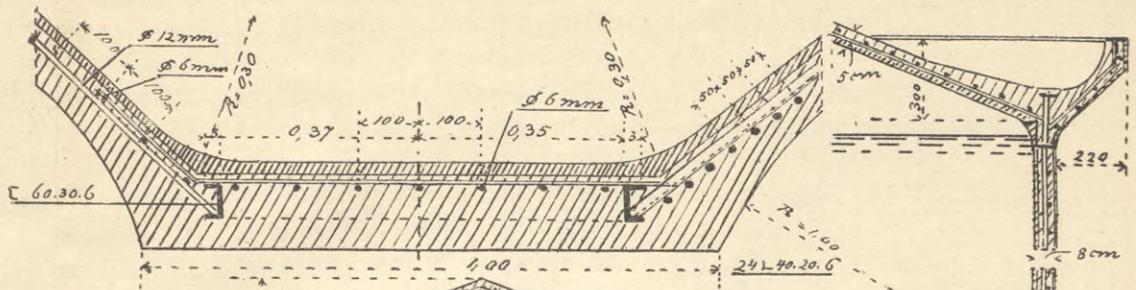


Fig. 7.

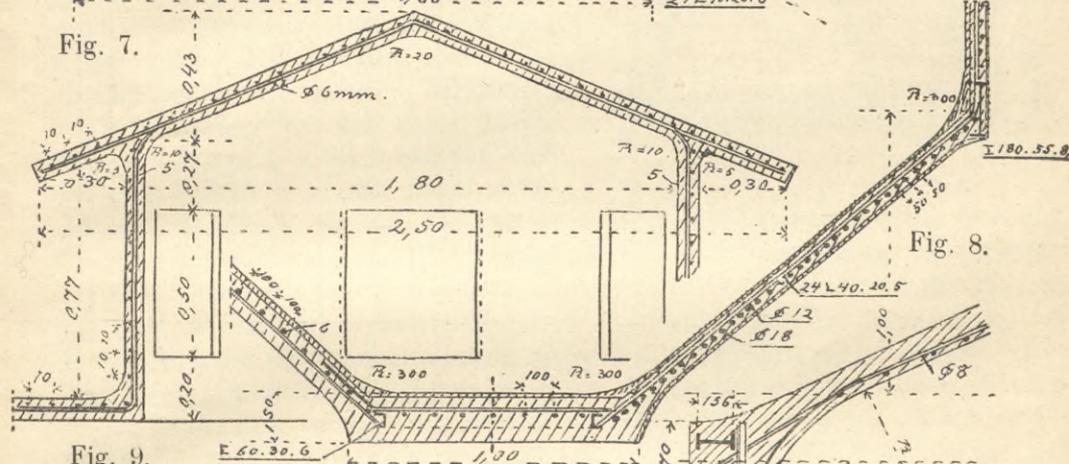


Fig. 9.

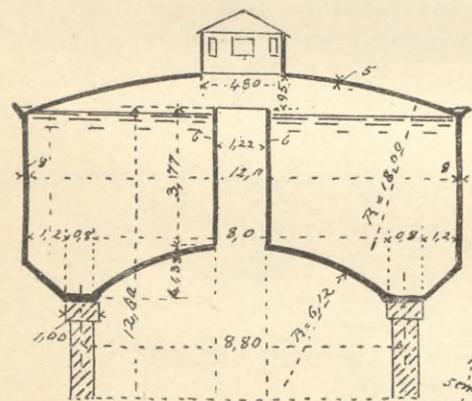


Fig. 5. u. 6.

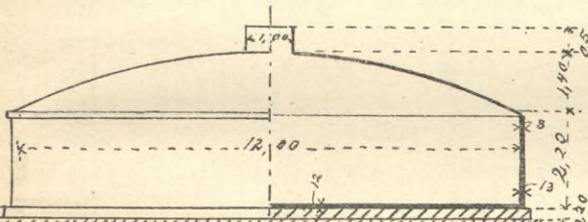
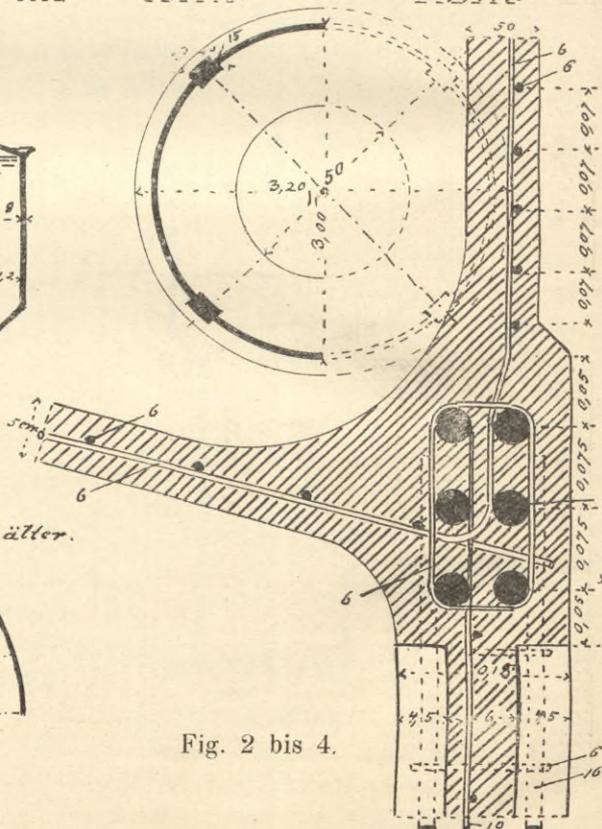


Fig. 10.

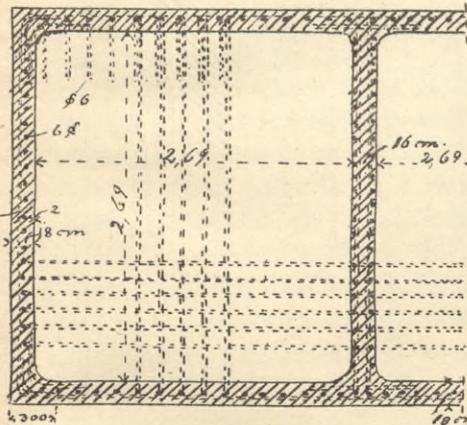


Fig. 13.

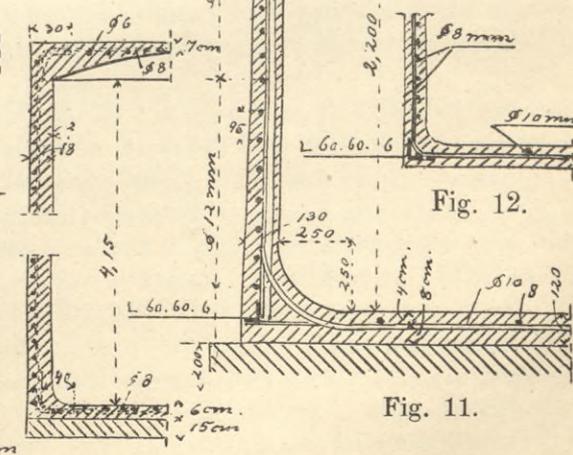
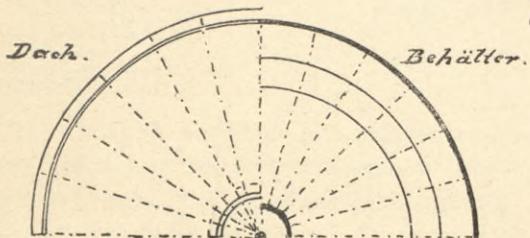


Fig. 14.



Dach. Behälter.

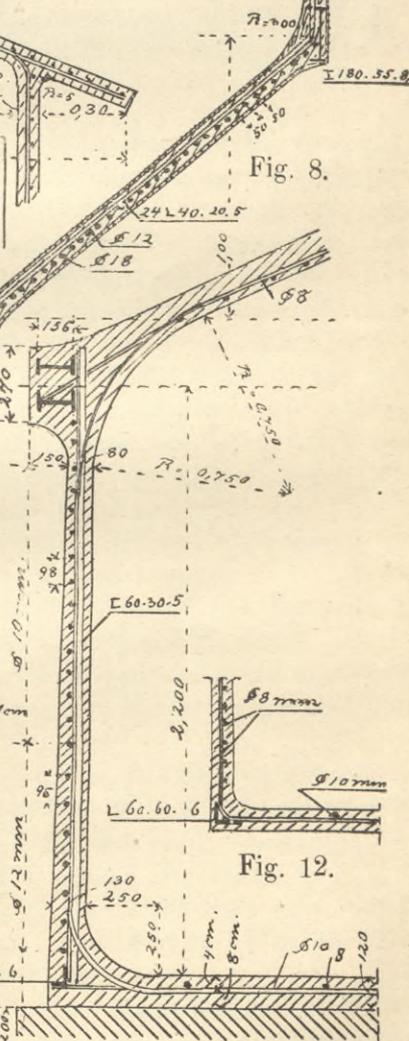


Fig. 8.

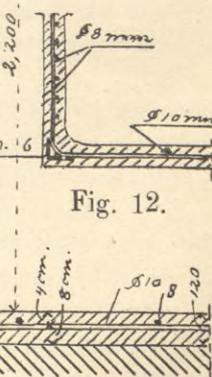
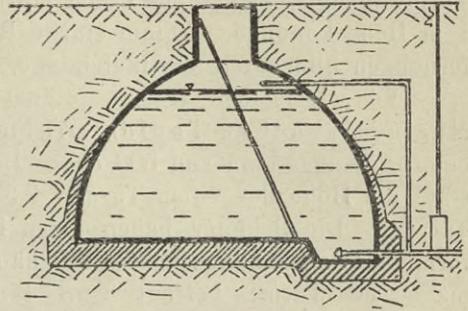


Fig. 11.



falls unter Zuhilfenahme kleiner Laschen. Die vertikalen Verteilungsstäbe haben je nach der Bauweise in der Regel die gleiche Form des Querschnitts wie die Tragstäbe und sind an den Kreuzungspunkten an ihnen durch Drahtschlingen oder auf andere Weise befestigt.

Fig. 240.



Bauweise Monier. Die Fig. 233 bis 238 stellen einen zylindrischen, 2,30 m in die Erde eingelassenen Wasserbehälter von etwa 250 cbm Fassungsraum dar. Oben ist eine Erdschüttung aufgebracht. Der Behälter hat einen Durchmesser von 9 m, eine Wandstärke von 15 cm und ist mit einer flachen Kuppel von etwa 1 m Stich bedeckt, welche in der Mitte von einer Säule unterstützt wird. Die 5 cm starke Decke wird durch acht radiale Rippen verstärkt. Der Boden aus Eisenbeton ist 10 cm stark und mit gitterförmiger Eiseneinlage aus 6 mm starken und 10 cm auseinanderliegenden Rundeisen versehen. Er ruht auf einer 20 cm starken Betonbettung. Die Tragstäbe der Wandung haben über die ganze Höhe eine gleichbleibende gegenseitige Entfernung von 9,3 cm. Ihre Stärke beträgt unten 17 mm und nimmt nach oben hin bis auf 9 mm ab. Am oberen Rande sind jedoch noch zwei 21 mm starke Rundeisen zur Aufnahme des Horizontalschubs des Gewölbes eingebettet. Die Vertikalstäbe liegen 10 cm auseinander und bestehen aus 7 mm starken Rundeisen. Die mittlere, 4,75 m hohe Säule hat kreisförmigen Querschnitt, ist unten 50 cm und oben 40 cm stark und mit 8 Rundeisen von 2 cm Stärke armiert. Die Stäbe der gitterförmigen Gewölbeeinlage sind 6 mm stark und bilden Maschen von 6 cm Seite. Die Rippen sind einschliesslich Gewölbeplatte 25 cm hoch, 10 cm breit und oben und unten mit je einer 2,5 cm starken Rundeisenstange als Einlage versehen.

Fig. 1, Taf. X, gibt die Abmessungen zylindrischer Behälter wieder, die in einer Gasanstalt zu Charlottenburg in vier übereinanderliegenden Stockwerken eines Turmes aufgestellt sind. Behälter, Deckengewölbe sowie das flache Kuppeldach sind nach Monierbauweise ausgeführt. Die Monierdecken sind mit Beton überfüllt.

In den Figuren 2 bis 4, Taf. X, ist ein von dem französischen Ingenieur Coignet in Monierbauweise ausgeführter Wasserturm mit einem Behälter von 20 cbm Fassungsraum dargestellt. Der innere Durchmesser des Behälters beträgt 2,90 m, seine Höhe 3,30 m, die Wandstärke 5 cm. Der Turm ist 7,55 m hoch und besitzt eine Wandstärke von nur 6 cm. Die Turmwand wird durch 4 Pfeiler von 20 × 15 cm Querschnitt verstärkt. Der Behälterboden ist nach oben flach kugelhaubenförmig gewölbt mit einem Stich von nur 20 cm. Der starke Seitenschub wird durch eine kräftige, ringförmige Armierung aufgenommen, die aus 6 Rundeisen von 26 mm Durchmesser bestehen. Letztere werden in Abständen von 10 cm durch Schlingen von 6 mm starkem Rundeisen zusammengehalten. Die Horizontaleinlage des Behälters besteht ebenfalls aus 6 mm starken Rundeisen, welche unten 5 cm Abstand voneinander haben. Dieser gegenseitige Abstand wächst nach oben hin bis auf 10 cm. Die Verstärkungspfeiler des

Turmes haben als Einlage 4 Rundeisen von 16 mm Durchmesser, welche in Entfernungen von 10 cm durch 6 mm starke Rundeisen umschlungen werden. Die Vertikaleinlage des Behälters besteht aus 6 mm starken Rundstäben, von denen auf das laufende Meter 12 Stück vorhanden sind. Die Horizontaleinlage der Turmwandung besteht aus 6 mm starken Rundeisen, von denen sieben Stück auf 1 m Höhe kommen. 10 mm starke Rundeisen mit denselben gegenseitigen Entfernungen bilden die Vertikaleinlage.

Von demselben Hause Coignet wurden zwei Wassertürme für das Marinearsenal zu Toulon errichtet. Der Behälter eines jeden von ihnen hat einen Fassungsraum von 500 cbm. Bis zur Unterstützungshöhe der Behälter beträgt die Höhe des einen Turmes 7,35 m, die des anderen 11 m (Fig. 5 bis 9, Taf. X). Die Behälter haben einen inneren Durchmesser von 12 m. Die ringförmige Unterstützungsfläche des Behälters, d. h. zugleich der obere mittlere Durchmesser des Turmes beträgt 8 m. Innerhalb desselben wird der Behälterboden durch eine nach aufwärts gerichtete Kugelhaube von 1,33 m Pfeilhöhe gebildet. Der über den Turm hinausstehende Teil des Bodens bildet eine nach oben gerichtete Kegelmantelfläche, auf dessen oberen Rand sich die senkrechte 4 m hohe Zylinderwandung des Behälters aufsetzt. Diese trägt oben das flache Kuppeldach. Nach dieser von Intze angegebenen Anordnung des Bodens von Behältern heben sich bei richtiger Wahl der Abmessungen des mittleren, kugelhaubenförmigen und des überstehenden, kegelmantelförmigen Bodenteils die an der Unterstützungsstelle nach entgegengesetzten Seiten wirkenden horizontalen Schubkräfte gegenseitig auf, so dass der tragende Turm nur eine senkrechte Belastung erfährt. Ausserdem wird sein Durchmesser bedeutend geringer, also werden auch die Kosten niedriger, als wenn der Behälter an seinem äusseren Rande unterstützt würde.

Der untere horizontale unterstützte Teil des Bodens hat eine Breite von 1 m und eine Stärke von 15 cm (Fig. 7, Taf. X). Er enthält in der Nähe der Ränder je ein ringförmiges  $\square$ -Eisen von 6 cm Höhe, gegen deren untere Flansche sich die schräg ansteigenden Verteilungsstäbe der angrenzenden Bodenteile stützen. Dieser horizontale Teil ist ausserdem nach beiden Richtungen hin mit 6 mm starken Rundeisen in gegenseitigen Entfernungen von 10 cm armiert. Die Kugelhaube des Bodens besitzt als Einlage 6 mm starke Rundeisen in Richtung der Parallelkreise und 12 mm starke in Richtung der Meridiane. Die gegenseitigen Abstände betragen je 10 cm. Der kegelmantelförmige Teil ist bedeutend stärker armiert. Ausser 20  $\square$ -Eisen von  $40 \times 20 \times 5$  mm Stärke enthält er in der Richtung der Kegelseite Rundeisen von 12 mm Durchmesser. Die horizontale Einlage besteht hier aus Rundstäben von 18 mm Durchmesser mit einem gegenseitigen Abstand von 5 cm.

Am oberen und unteren Rande der senkrechten Wand ist ein ringförmiges  $\square$ -Eisen von  $180 \times 55 \times 8,5$  mm eingelagert. Die vertikalen Einlagen dieser Wand bilden die Verlängerung der entsprechenden Einlagen des kegelmantelförmigen Bodenteils. Die Horizontaleinlage besteht aus 14 mm starken Rundeisenstäben, deren vertikaler gegenseitiger Abstand von 52 mm am unteren Rande sich nach oben hin bis auf 100 mm allmählich erhöht (Fig. 8, Taf. X).

Das nur 5 cm starke kuppelförmige Dach trägt eine 1,80 m weite und 1,40 m hohe Laterne (Fig. 9, Taf. X). Boden und Behälter werden in der Mittel-

achse von einem 1,22 m weiten und 6 cm starken rohrartigen Schacht durchsetzt, in welchem eine Wendeltreppe untergebracht ist (Fig. 5 und 6, Tafel X).

**Bauweise Hennebique.** Die nach dieser Bauweise errichteten Behälter zeigen in ihrer Anordnung bei den Wänden die Einlagen nach Monier, während die Boden meist eben ausgeführt sind unter Verwendung von Plattenbalken. Bei Wassertürmen sind die Pfeiler und Zwischendecken auch in der Regel in Eisenbeton konstruiert. Oft sind die Pfeiler freistehend und nur in gewissen Abständen durch Querriegel verbunden.

**Bauweise Bonna.** Die Figuren 10 bis 12, Taf. X, geben einen Behälter dieser Bauweise wieder, der einen Fassungsraum von etwa 250 cbm besitzt. Der innere Durchmesser beträgt 12 m, die Höhe der Wand 2,2 m, der Stich der Flachkuppel 1,40 m. Ausser aus Rundeisenstäben von 8 mm Durchmesser besteht die Vertikaleinlage der Wandung hier aus 20  $\square$ -Eisen von  $60 \times 30 \times 5$  mm Querschnitt. Die in Abständen von nicht ganz 10 cm angeordneten horizontalen Rundeisen sind unten 12, oben 10 mm stark. Die Wandstärke beträgt unten 13 cm, oben 8 cm. Der Eisenbetonboden ist 12 cm stark und ruht auf einem 20 cm starken Betonbett. Die vertikalen Rundstäbe der Wand gehen in gebogener Form in den Boden und in die kuppelförmige Decke über und bilden so eine gute Verbindung. Der Schub des Gewölbes wird durch zwei ringförmige  $\square$ -Eisen aufgenommen, die in einer Verstärkungsrippe am oberen Ende der senkrechten Wand untergebracht sind.

**Rechteckige Flüssigkeitsbehälter.** Auch für diese Behälterform haben die meisten für Decken und Wände sich eignenden Bauweisen Verwendung gefunden. Die Behälterwände werden hier in horizontalem Sinne auf Biegung beansprucht. Die Anordnung der Einlagen richtet sich daher nach denselben Gesichtspunkten, die bei der Konstruktion der Deckenplatten massgebend waren.

**Monierbauweise.** In Monierbauweise sind rechteckige Behälter sowohl für Flüssigkeiten, wie Wasser, Wein usw. als auch für trockene Stoffe ausgeführt, so z. B. Müll- und Aschebehälter. Oft sind auch nur die Decken mit Einlage versehen, während Wände und Böden, namentlich wenn die Behälter in die Erde eingelassen sind, nur aus Beton bestehen.

Bei Eisenbetonbehältern sind die Einlagen des Bodens oft in die Wände übergeführt. Ebenso gehen die horizontalen Einlagen an einer Ecke aus einer Wand in die andere über. Die Ecken selber sind zweckmässig abgerundet. Am oberen Rande enden die Vertikaleinlagen oft in einem zur besseren Versteifung hier eingelegten Profileisen. In dieser Weise sind z. B. die Zwischenwände, der Fussboden und die Waschröge einer Waschanstalt in Boulogne hergestellt, woselbst die Stärke der Trogwände nur 3 cm betrug.

**Bauweise Hennebique.** In den Boden eingelassene Behälter dieser Bauart erhalten eine Bodenplatte aus Beton oder Eisenbeton. Die Decke wird nach Art der Plattenbalken konstruiert und bei grossen Behältern oft noch durch einzelne Säulen unterstützt (Fig. 232). Lange Seitenwände werden oft noch durch Rippen versteift. Die Vertikaleinlage der Wände geht meist in die Grundplatte und in die Decke über. Steht der Behälter über dem Erdboden, so besteht sein Boden ebenfalls aus einer Plattenbalkendecke.

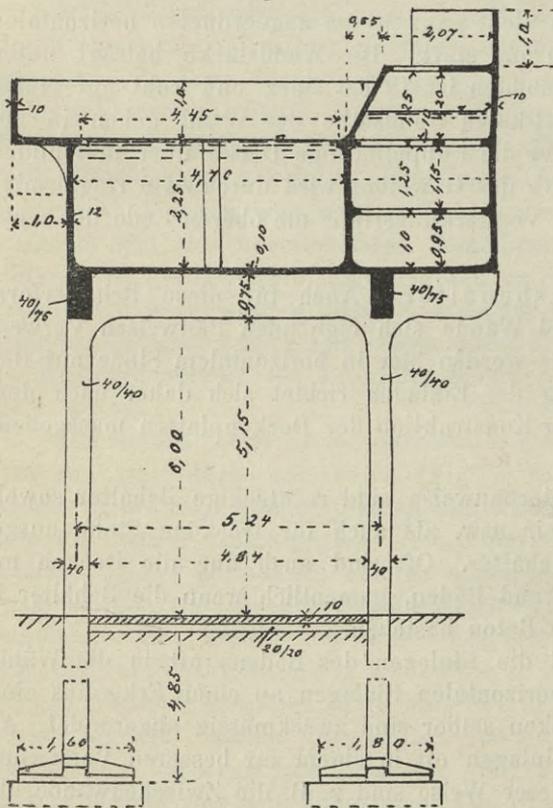
Ein in Brüssel hergestellter, in den Boden eingelassener Behälter von 4000 cbm Fassungsraum erhielt bei 2 m Wasserstandshöhe 12 cm starke Wände und eine 12 cm starke Decke. Letztere ruht in Abständen von 4,29 und 4,25 m auf Eisenbetonsäulen von  $24 \times 24$  cm Querschnitt. Der Eisenbetonboden ist 6 cm stark und erhielt eine 20 cm starke Betonunterbettung. Ueberall sind zwei sich kreuzende Einlagen aus Rundeisenstäben vorgesehen (Fig. 232).

Oft sind die Wände in der Nähe beider Oberflächen mit Einlagen versehen.

Als Beispiel für die Unabhängigkeit, welche man bei Konstruktionen in Eisenbeton genießt, möge das folgende Beispiel angeführt werden.

Bauweise Coignet. Nach dieser Bauweise sind zwei grössere Behälter für ein Fabrikgebäude in Harlé in einer Höhe von 6 m aufgestellt, die allein

Fig. 241.



auf vier freistehenden Säulen von  $40 \times 40$  cm Querschnitt ruhen (Fig. 241). In einer Tiefe von 4,75 m unter dem Erdboden ruhen die Säulen mit verbreiterten und mit je vier Rippen versehenen Fussplatten auf Senkbrunnen. Die Säulen tragen einen Behälter für die Wasserversorgung von 9,35 m Länge und 1,40 m Breite. An beiden Enden beträgt die Breite 2,50 m. Dieser Behälter ist 3,50 m hoch. Ausserdem ruht auf den Säulen ein Kühlbehälter von 2,25 m Höhe mit rechteckigem Querschnitt von  $6,30 \times 4,70$  m, sowie ein Aufstellungsraum für den Ventilator. Um das Ganze zieht sich ein ausgekrachter Arbeitsgang von 1 m Breite. Die Säulen haben 4 Rundeisenstäbe von 30 mm Durchmesser als Einlage. Oben sind die Säulen durch 4 Träger von  $0,40 \times 0,75$  m Querschnitt verbunden. Die beiden längeren, von 7,32 m Länge, enthalten oben und unten je 5 Rund-

eisenstäbe als Einlage, von denen die oberen 36 mm, die unteren 44 mm Durchmesser haben.

Der Boden des Kühlbeckens ist 10 cm stark. Die Tragstäbe der Einlage sind 10 mm stark und liegen 10 cm auseinander, die Verteilungsstäbe haben 6 mm Durchmesser und es liegen von ihnen sieben Stück auf das laufende Meter. Die Stäbe werden nach der grössten Entfernung der Querrippen berechnet, welche 1,225 m beträgt. Da die Wände sich gegen die ausgekragten Laufstege oder, wo diese fehlen, gegen horizontale Verstärkungsrippen stützen, haben die

Vertikaleinlagen die grössere Stärke, nämlich 12 cm, erhalten, während die horizontalen Stäbe nur 6 mm stark sind.

**Bauweise Boussiron.** Als Beispiel der Behälter dieser Bauweise seien zwei nebeneinander liegende Weinbehälter von quadratischem Grundriss mit 2,69 m innerer Seite und 4,35 m Höhe erwähnt (Fig. 13 und 14, Taf. X). Der 6 cm starke Boden aus Eisenbeton ruht auf einem 15 cm starken Betonbett und ist nach beiden Richtungen hin mit 8 mm starken Rundeisenstäben versehen, welche einen gegenseitigen Abstand von 12,5 cm haben und zugleich zur Verankerung der Seitenwände dienen. Die Decke ist auf der Unterseite gewölbt und oben eben. Sie hat einen Stich von 18 cm und ist am Scheitel 7 cm stark. Ihre Einlageeisen sind 6 cm stark. Die Seitenwände sind 18 cm stark und mit 12 mm starken horizontalen und vertikalen Rundeisen als Einlage versehen, welche 12 cm weite Maschen bilden. Diese Einlage befindet sich nahe an der Aussenfläche. Die mittlere Trennungswand ist 16 cm stark und in der Nähe der beiden Oberflächen mit gleicher Einlage versehen wie die Aussenwände, um den Biegemomenten nach beiden Richtungen hin Widerstand leisten zu können für den Fall, dass die eine Abteilung gefüllt, die andere dagegen leer ist. In die inneren Ecken sind noch gebogene Rundeisen eingelagert, um die durch die Einspannungsmomente hier hervorgerufenen Zugspannungen aufzunehmen. Boden und Seitenwände sind mit einem 2 cm starken Putz versehen.

**Silos.** Man versteht unter Silos schachtartige Behälter für trockene aufgeschichtete Stoffe, wie Kohle, Zement, Kalk, Getreide, Malz, Mehl, Erze, Sand, Steinschlag u. dergl. Sie haben mit den Flüssigkeitsbehältern die grösste Aehnlichkeit in der Konstruktion und unterscheiden sich von diesen hauptsächlich dadurch, dass sie sich meist sehr hoch erstrecken, und dass der Boden in Form einer aufgehängten Pyramide oder eines aufgehängten Kegels gebildet ist, an dessen unterstem Punkt sich die Ablassvorrichtungen für die aufgespeicherten Stoffe befinden. Aus den letzteren fallen die Stoffe dann unmittelbar in die Fahrzeuge, die zu ihrer Weiterbeförderung dienen, oder sie werden auch durch Transportschnecken nach den Fahrzeugen oder nach dem Ort ihrer weiteren Verwendung befördert. Die Silos dienen weiter beispielsweise in Zementfabriken zur Abkühlung der gebrannten und gebrochenen Klinker, in Kalkwerken zum Ablöschen des Kalkes zu Staubkalk, in Mühlen zum Mischen des Mehles, in Gasfabriken oder bei grossen Kesselanlagen zur unmittelbaren Abgabe der Steinkohle in die Retorten oder Dampfkesselfeuerungen.

Man unterscheidet Silos mit grosser Querschnittsfläche oder grossräumige Silos und solche mit kleinem Grundriss des einzelnen Behälters oder Zellsilos, bei denen der ganze Raum durch Querwände in einzelne engere Schächte geteilt ist. Grossräumige Silos werden vielfach für Steinkohle, Koks u. dergl. benutzt. Sie sind meist mit einer grösseren Anzahl von Ablassöffnungen versehen, die beispielsweise auch in der Art hergestellt worden sind, dass man dem ganzen Raum eine ebene, auf einzelnen Pfeilern ruhende Plattenbalkendecke gab und oben um die Ablassöffnungen trichterförmig mageren Beton aufstampfte (Fig. 242). Bei der grossen freien Länge der Umfassungswände grossräumiger Silos ist es meist erforderlich, dieselben durch aussen oder innen liegende Pfeiler oder Rippen zu versteifen, damit sie dem Seitenschub der aufgespeicherten Stoffe Widerstand

leisten können, ohne dass man zu grosse Wandstärken und starke Einlagen nötig hat (Fig. 242 u. 248).

Bei Zellenilos werden die äusseren Wände durch die Zwischenwände verankert. Der Zellenquerschnitt ist quadratisch oder rechteckig, oft auch regelmässig sechseckig. Die Auslassöffnungen befinden sich meist unten in der Mitte des Zellenrundrisses und der Boden wird durch hängende pyramidenförmige Trichter gebildet (Fig. 243). Zuweilen liegen die Auslassöffnungen jedoch auch aussen an den Längsseiten (Fig. 244). Die Unterstützung erfolgt durch Pfeiler unter dem Treffpunkt der Wände. Die Pfeiler sind durch Träger verbunden, die bei Stoffen, welche viel Staub verursachen, zweckmässig nur nach einer Richtung gehen, um unter dem Boden der Silos einen Luftdurchzug zu gestatten.

Fig. 242.

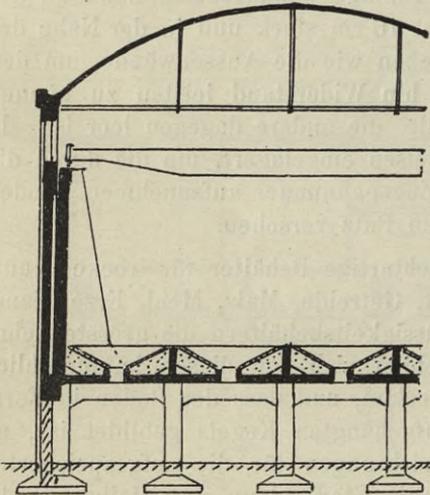
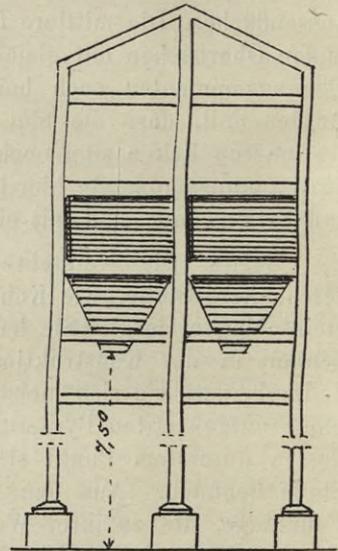


Fig. 243.



Für die Anordnung der Eiseneinlagen gelten ziemlich dieselben Gesichtspunkte wie bei den Flüssigkeitsbehältern. Zur Berechnung des von den aufgespeicherten Stoffen auf die Seitenwände ausgeübten Seitendrucks kann man bei grossräumigen oder sehr langgestreckten rechteckigen Zellen nach der für den Erddruck giltigen Formel verfahren. Danach ist für die Längeneinheit dieser Seitendruck für die ganze Höhe  $h$ :

$$P = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

und der Druck auf die Flächeneinheit in der Tiefe  $h$ :

$$p = \gamma \cdot h \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Hierin bedeutet:

- $\gamma$  das Gewicht des aufgespeicherten Stoffes pro cbm,
- $\varphi$  den natürlichen Böschungswinkel desselben.

Nach Prof. Mörsch<sup>1)</sup> kann man setzen:

Gaskohle	$\gamma = 800 - 900$ kg/cbm;	$\varphi = 45^\circ - 50^\circ$ ;	$p = 146$ h kg/qm
Zement	$\gamma = 1400$	" $\varphi = 40^\circ$ ;	$p = 305$ h "
Kleinschlag	$\gamma = 1600 - 1800$	" $\varphi = 45^\circ$ ;	$p = 290$ h "
Malz	$\gamma = 530$	" $\varphi = 22^\circ$ ;	$p = 240$ h "
Weizen	$\gamma = 760$	" $\varphi = 22^\circ$ ;	$p = 345$ h "

Bei Zellsilos von grosser Höhe zieht man die Wirkung der Reibung der Stoffe an den Wänden mit in Rechnung. (Siehe Zentralblatt der Bauverwaltung 1896, Seite 446).

Beispiele. Als Beispiel für einen grossräumigen Silo kann der in Fig. 242 dargestellte Kohlsilo gelten, dessen Wände als Stützmauern zwischen Strebe- Pfeilern eingespannt sind. Letztere werden durch die Träger und Querrippen des Bodens verankert. Die Zuführung der Kohle geschieht durch einen Lauf-

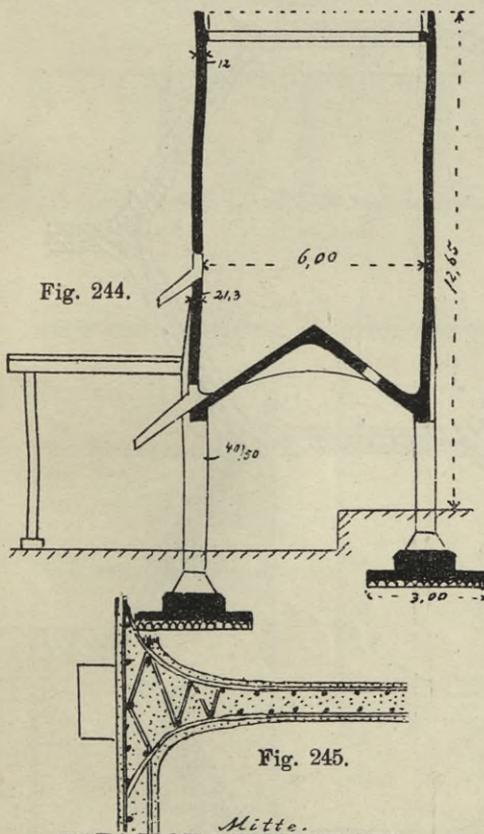
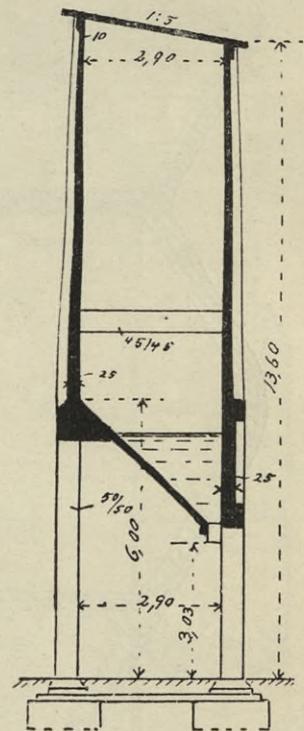


Fig. 246.



krahn. An den Entnahmestellen sind trichterartige Zuführungsschächte auf die horizontale Decke aufbetoniert.

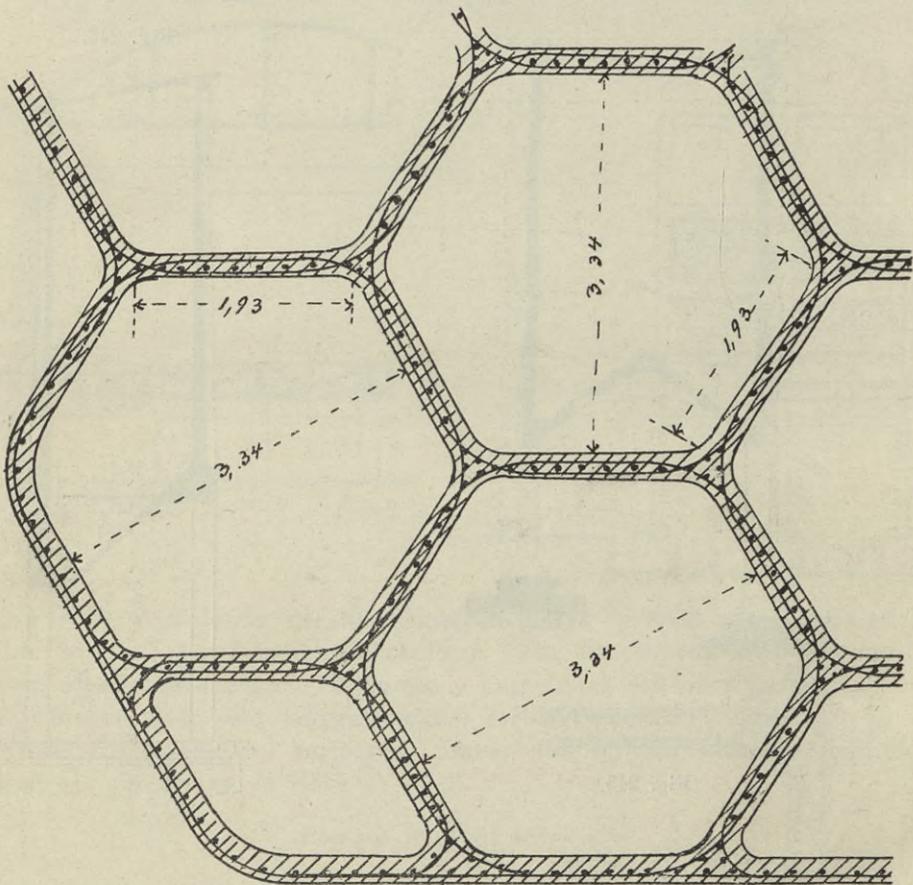
Einen grossräumigen Silo bildet auch der von der Firma Wayss & Freytag in Kirn a. N. gebaute Kohlsilo, aus welchem die aufgespeicherte Kohle unmittelbar an die Kesselfeuerungen abgegeben wird. Der ganze Silo bildet einen

<sup>1)</sup> „Der Eisenbetonbau“, herausgegeben von Wayss & Freytag A.-G., verfasst von Prof. E. Mörsch. 2. Auflage. Stuttgart 1906. Verlag von Konrad Wittwer.

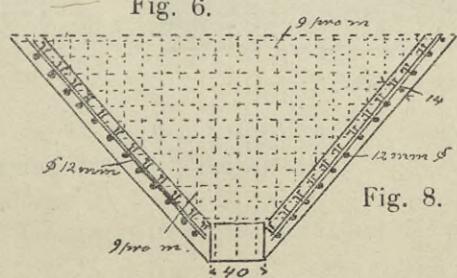
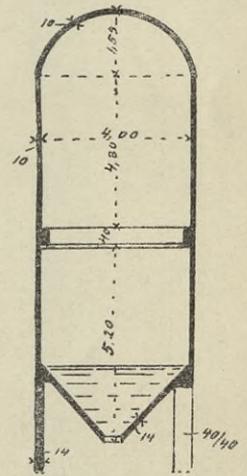
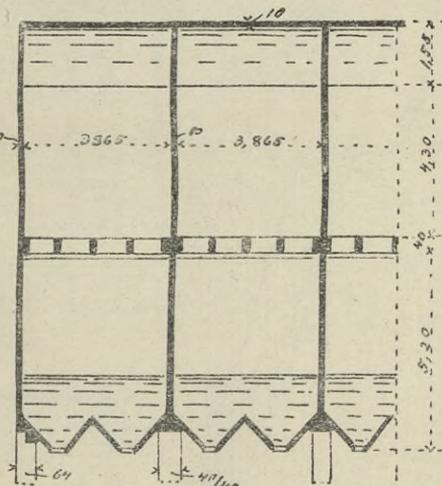
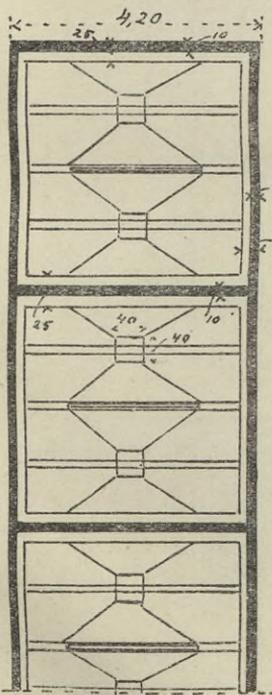
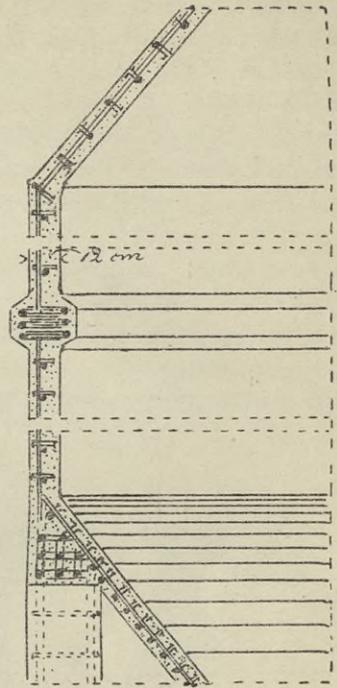
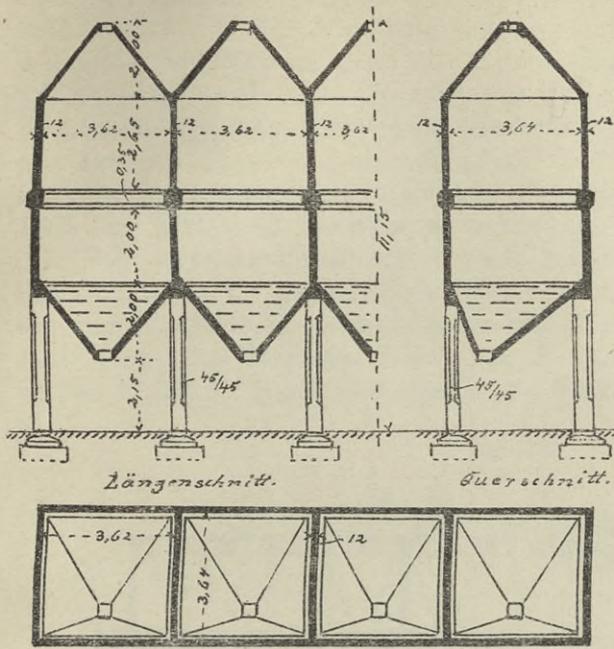
15 × 2,90 m messenden Raum. Gegen den auftretenden Seitenschub sind die Wände durch das Dach, durch mittlere freiliegende Eisenbetonträger von 45 × 45 cm Querschnitt sowie durch die Trichter verankert. Die Höhe beträgt 13,60 m. Die Auslassöffnungen befinden sich 3 m über dem Erdboden (Fig. 246).

Von derselben Firma wurde zu Rossdorf ein Silo für Porphyrokleinschlag mit 13 rechteckigen Zellen errichtet, deren äussere Länge 6 m beträgt, während die Breite zwischen 1,5 und 2 m schwankt. Die Oberkante der höchsten Zellen liegt 13,65 m über dem Erdboden. Die 14 Pfeiler, welche jede Längswand tragen, ruhen je auf einer gemeinschaftlichen Grundschwelle, so dass der Druck auf den Baugrund 1,5 kg/qcm nicht übersteigt. Die Wände sind in den Ecken kräftig ausgerundet und mit doppelter Einlage in der Nähe beider Oberflächen versehen (Fig. 244 u. 245).

Fig. 247.

*Silozellen. Querschnitt.*

Die Wände sind bei Zellensilos als an den Ecken eingespannt zu behandeln. Den grössten Biegemomenten in der Mitte von  $\frac{pl^2}{24}$  und an den Einspannungsstellen von  $\frac{pl^2}{12}$  entsprechend gibt man ihnen in der Regel an letzterer Stelle eine doppelt so grosse Stärke wie in dem mittleren Teil (Fig. 245).

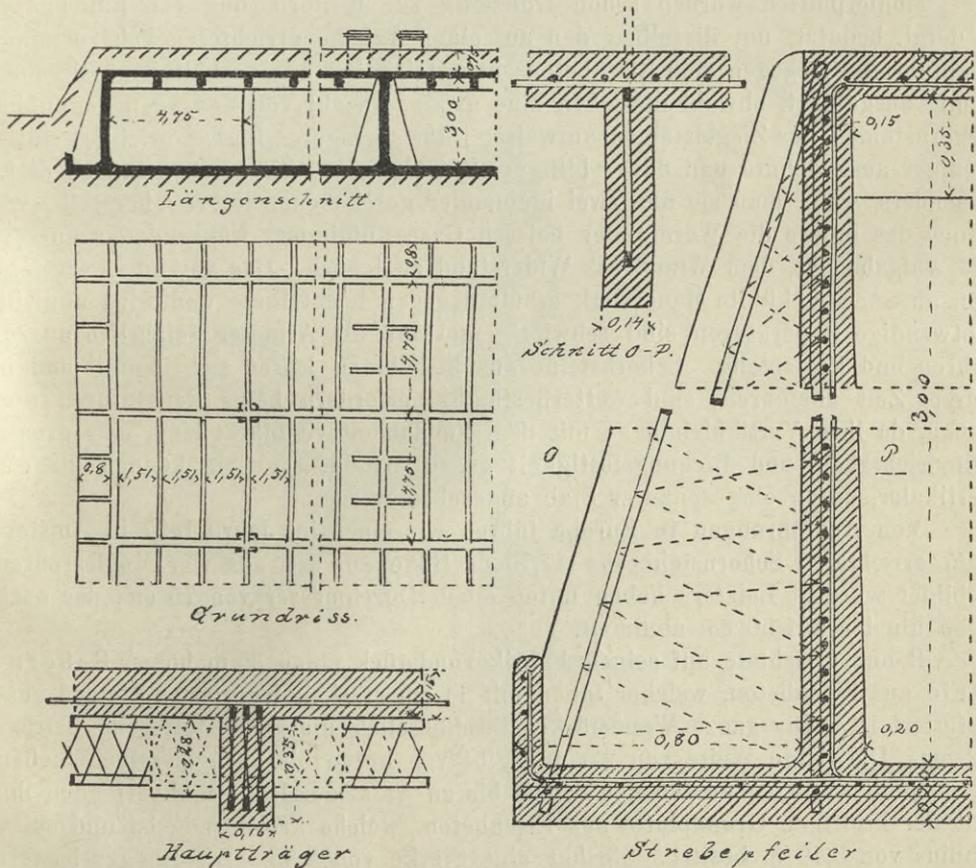




Ein von der Firma Carl Brandt in Düsseldorf für die Weseler Portlandzement-Fabrik in Wesel gebauter Zementsilo hat 11 m Höhe und enthält 4 quadratische Zellen von rund 3,60 m Seite (Fig. 1 bis 4, Tafel XI). Die Wandstärke beträgt 12 cm. Die Unterstützung wird an den Ecken der Wände durch Eisenbetonpfeiler von  $45 \times 45$  cm Querschnitt gebildet. Die Behälter dienen zum Abkühlen der gebrannten und gebrochenen Klinker, welche mittels Elevator hochgehoben werden. In etwa mittlerer Höhe sind sämtliche Wände noch einmal durch eine kräftige Horizontalrippe verstärkt.

Von derselben Firma wurden zwei Silos mit je 4 Zellen von  $3,9 \times 4$  m Querschnitt für die Gewerkschaft Frankfurt in Hochheim errichtet, von denen der eine zum Löschen des gebrannten Kalkes und der andere als Lagersilo benutzt wird. Die Wandstärken betragen 10 bzw. 12 cm. Die Schüttungshöhe beträgt 11,45 m. Auch hier werden die Wände in mittlerer Höhe durch eine

Fig. 248.



Horizontalgurtung verstärkt und es werden ausserdem die Längswände in jeder Zelle noch durch drei freiliegende Träger verankert (Fig. 5 bis 8, Taf. XI). Jede Zelle besitzt zwei Ablassöffnungen.

Die Wände sechseckiger Silos werden ebenso behandelt wie die quadratischer (Fig. 247).

Wo es erforderlich erscheint, erhalten die Silos aussen Verkleidungen von Ziegelmauerwerk, oder es treten an den Querwänden vertikale Eisenbetonpfeiler nach aussen vor, zwischen denen eine Ziegelsteinverblendung in den einzelnen Feldern vorgenommen wird, zweckmässig oft so, dass sich zwischen der Ziegelverkleidung und der Silowand aus Eisenbeton eine Isolierschicht befindet (Fig. 242).

Rippen oder Strebepfeiler finden hier zur Verstärkung der Wände ebenso Verwendung wie bei den Flüssigkeitsbehältern (Fig. 248).

Wegen der oft sehr bedeutenden Lasten setzt man, zumal bei wenig tragfähigem Baugrund, sämtliche Wände und Pfeiler auf eine durchgehende Gründungsplatte. So ist z. B. der Malzsilo der Löwenbrauerei in München auf einer 1 m starken Betonplatte gegründet.

### Schornsteine.

Monierplatten wurden schon frühzeitig zur Weiterleitung von Rauchgasen u. dergl. benutzt, um dieselben den auf einer Anhöhe errichteten Schornsteinen zuzuführen. Dagegen sind Eisenbetonschornsteine bei uns verhältnismässig noch wenig ausgeführt, obwohl dieselben eine grosse Anzahl von Vorzügen gegenüber Schornsteinen aus Ziegelsteinen aufweisen. Ihr geringeres Eigengewicht gestattet weniger ausgedehnte und daher billigere Gründungen. Sie bleiben immer dicht, besonders, wenn man sie aus zwei ineinander geschobenen Rohren herstellt, von denen das innere die Wärme der heissen Gase aufnimmt, während das äussere die Aufgabe hat, dem Winddruck Widerstand zu leisten. Das von innen erhitze, von aussen abgekühlte Mauerwerk erhält dagegen leicht Risse und wird undicht. Notwendige Reparaturen sind schwierig und für die Arbeiter gefährlich auszuführen und kostspielig. Schornsteine aus Eisenbeton lassen sich überall und in kurzer Zeit ausführen, sind wetterbeständig, erfordern keine Reparaturen und haben, da ihre Vertikaleinlagen mit dem Fundament verankert sind, eine grosse Standsicherheit und Biegezugfestigkeit gegen Winddruck. Sie können als ein vertikaler, unten eingespannter Stab angesehen werden.

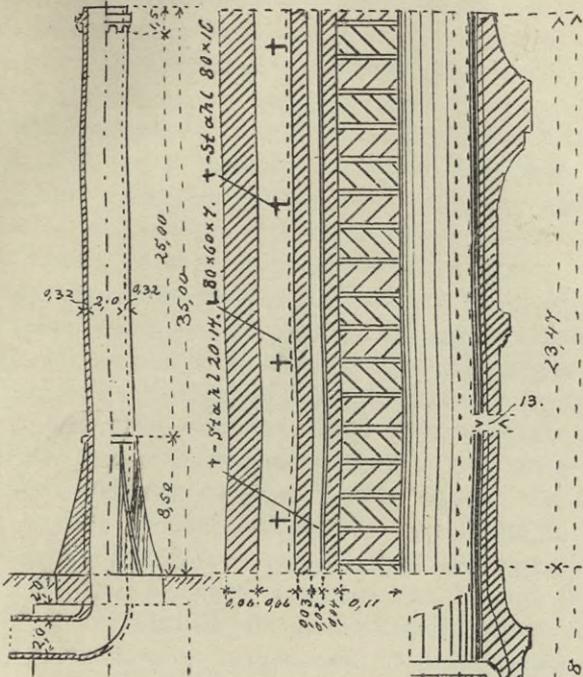
Von Ausführungen in Europa führen wir einen im Jahre 1897 in Amsterdam errichteten Schornstein von 17,75 m Höhe an, der aus vier Monierrohren gebildet wurde. Letztere haben unten einen Durchmesser von 75 cm, der nach oben hin bis auf 50 cm abnimmt.

Bonna errichtete auf seinem Fabrikgrundstück einen 35 m hohen Schornstein aus Eisenbeton, welcher innen mit 11 cm starken feuerfesten Steinen ausgefüllt ist. Die ganze Wandstärke einschliesslich dieser Ausfüllung beträgt 32 cm. Die lichte Weite von 2,0 m bleibt von unten bis oben dieselbe. Sieben Strebepfeiler stützen aussen den Schaft bis zu  $\frac{1}{4}$  seiner Höhe und verbinden ihn mit der kräftigen Grundplatte aus Eisenbeton, welche kreisförmig ist und einen Radius von 3,40 m besitzt. Sie hat eine Stärke von 2 m. Die Einlage besteht aus vertikalen und ringförmigen Profilstäben von L- und +-förmigem Querschnitt<sup>1)</sup> (Fig. 1 und 2, Taf. XII). Das ganze Gewicht beträgt 300000 kg.

Ein in dem französischen Kriegshafen Biserta in Tunis von der Firma Piketty im Jahre 1905 ausgeführter Eisenbetonschornstein ist 30 m hoch und

<sup>1)</sup> Berger und Guillerme. Ciment armé. Paris. Dunod 1902.

Fig. 1 und 2.



Schornsteine.

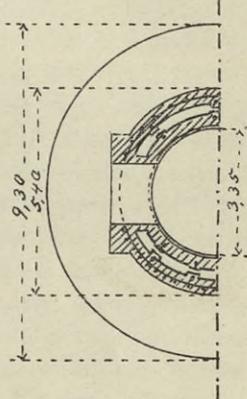


Fig. 8.

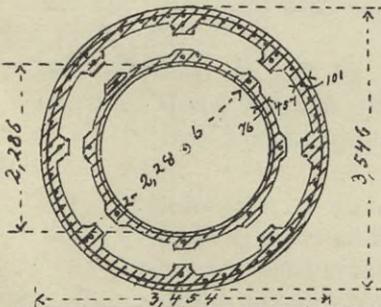


Fig. 3 und 4.

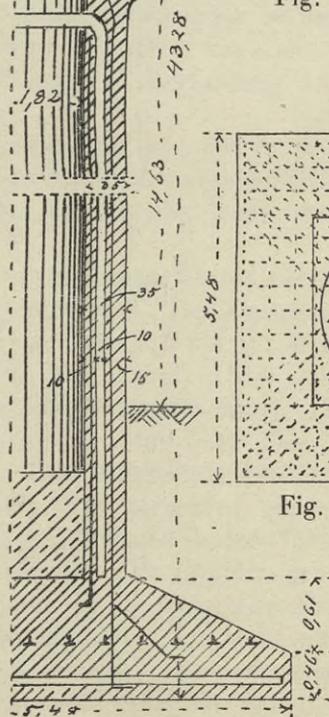


Fig. 5.

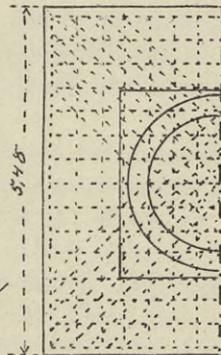


Fig. 6.

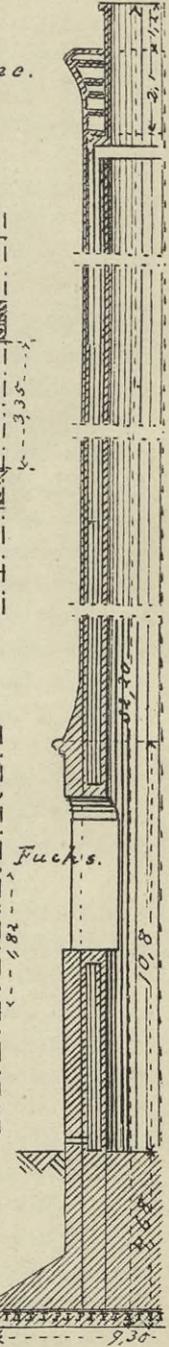


Fig. 7.

Fuchs.



hat oben einen Durchmesser von 1,10 m. Er besteht aus einem äusseren Eisenbetonrohr von unten 12 cm und oben 8 cm Stärke. Das Innere ist mit feuerfesten Ziegeln verkleidet. Acht äussere Rippen von 12 cm Stärke erstrecken sich bis zur halben Höhe und bilden Strebepfeiler, welche die Last von 130000 kg auf eine Gründungsplatte aus Eisenbeton von 8,50 m Durchmesser und 0,20 m Stärke übertragen. Dieser Schornstein wurde in 70 Tagen errichtet. Man brauchte für die Einlagen 6000 kg Stahl und 60 cbm Beton. Der Preis stellte sich einschliesslich des Blitzableiters auf 10000 Francs.

Viel weiter ist der Schornsteinbau aus Eisenbeton in Amerika gediehen, woselbst sich einige Firmen besonders damit befassen. Dasselbst sind bereits eine grosse Anzahl von Eisenbetonschornsteinen von zum Teil recht bedeutenden Höhen ausgeführt worden, die sich gut gehalten und bewährt haben.

Die Schornsteine werden dort hauptsächlich nach zwei Methoden ausgeführt. Nach der einen besteht der ganze Schornstein von unten bis oben aus zwei ineinander geschachtelten Röhren, von denen in der Regel das äussere Rohr, mitunter auch beide von unten nach oben an Stärke abnehmen. Der äussere sowohl wie der innere Durchmesser bleiben von unten bis oben gleich gross, so dass der Zwischenraum zwischen beiden Wänden von unten nach oben grösser wird. Der äussere Schacht ist auf der Innenseite und der innere Schacht auf der Aussenseite mit Rippen versehen, die sich gegenüberstehen, aber einen gewissen geringen Zwischenraum zwischen sich lassen. Nur wenn der äussere Schacht durch den Winddruck um diesen Zwischenraum der Rippen aus seiner vertikalen Lage gedrängt wird, lehnen sich die Rippen aneinander, so dass dann das äussere Rohr durch das innere unterstützt wird. Letzteres kann sich frei ausdehnen, da es auch mit dem Schornsteinkopf nicht in Verbindung steht (Fig. 3 und 4, 7 und 8, Taf. XII).

Bei der anderen Art der Konstruktion geht das innere Rohr nur bis etwa  $\frac{1}{3}$  der ganzen Höhe, woselbst das äussere Rohr zusammengezogen ist und von hier ab als inneren Durchmesser den des unteren Innenrohres annimmt (Fig. 5 und 6, Taf. XII).

Ein in Los Angeles in Kalifornien ausgeführter Schornstein von 47,5 m freier Höhe ist nach dem ersten System erbaut. Der Zwischenraum beider Rohre nimmt von unten nach oben absatzweise von 27,5 bis auf 40 cm zu. Der untere äussere Durchmesser beträgt 5,40 m, der innere in der ganzen Höhe 3,30 m. Der äussere Schacht ist innen, der innere aussen mit je 13 Rippen versehen, welche sich gegenüberstehen und einen von unten 6 bis oben 18 cm betragenden freien Raum zwischen sich lassen. Der Schornstein besitzt senkrechte gerade und horizontale ringförmige Einlagen aus gedrehten quadratischen Ransome-Stäben. Die Ringe liegen beim äusseren Schacht in der Nähe der Aussenfläche, beim inneren in der Nähe der Innenfläche. Die ringförmigen Stäbe sind 6 mm stark und liegen innen in Abständen von 45 cm, aussen in Abständen von 60 cm. Die senkrechten Stäbe des Aussenrohres sind 1,8 cm stark und liegen unten 30, in der Mitte 60 und oben 120 cm auseinander. Das Innenrohr hat 6 mm starke senkrechte Einlagen in Abständen von 90 cm. Die Enden der Ringe greifen 30 bis 45 cm übereinander. Die Verbindung der Enden der senkrechten Stäbe geschah durch Schraubenmuffen. Unten sind diese Stäbe an den aus Eisenbahnschienen bestehenden Einlagen des Fundaments befestigt.

Der Schornsteinkopf besteht aus zwei Teilen. Der untere ist 2,1 m hoch und besteht aus 28 Stück aussen verzierten Hohlquadern mit Eiseneinlage. Der schlanke obere, 1,2 m hohe Teil ist mit Streckmetall als Einlage versehen. Das Mischungsverhältnis für das Aussenrohr war 1:2:4, für das Innenrohr 1:2:6. Für das letztere wurde ein besonders feuerfester Sandstein als Steinschlag benutzt, während der Steinschlag für das Aussenrohr aus Granit bestand.

Das Gesamtgewicht betrug 1430000 kg. Der Baugrund erhielt durch die kreisförmige, mit Eiseneinlage versehene Gründungsplatte von 9,3 m Durchmesser eine Pressung von 2 kg/qcm. Die Fundamentsohle liegt 4,65 m unter der Erdoberfläche. In der Fundamentplatte liegen 1900 kg alte Eisenbahnschienen mit 30 cm gegenseitigem Abstände in zwei Lagen kreuzweise übereinander.

Der Schornstein wurde von einem inneren Gerüstboden aus gebaut. An übergekragten Balken des letzteren hingen die je aus zwei Teilen bestehenden Bohlenkränze, die die Schalung aufnahmen. Die ganze Einschalung von 1,8 m Höhe wurde höher gehoben, wenn ein 1,5 m hohes Schornsteinstück eingestampft war. Als Blitzableiter dienten vier senkrechte Einlagen, die den Kopf um 1,5 m überragten, durch die ganze Höhe leitend mit den unten folgenden verbunden waren und bis ins Grundwasser führten. Oben waren sie mit Kupferspitzen versehen.

Der ganze Schornstein enthielt 6000 cbm Beton. Die Einlagen der beiden Rohre hatten ein Gewicht von 4500 kg.

Nach der zweiten der oben erwähnten amerikanischen Baumethoden sind zahlreiche Schornsteine von der „Weber Steel-Concrete-Chimney-Co.“ in Chicago<sup>1)</sup> errichtet worden.

Ein im Staate Illinois in dieser Bauweise ausgeführter Schornstein<sup>2)</sup> hat eine freie Höhe von 47 m. Das 2,80 m tiefe quadratische Fundament hat 5,50 m Seitenlänge. Es ist mit vier Lagen  $\perp$ -Eisen als Einlage versehen. Dieselben haben einen Querschnitt von  $32 \times 32 \times 6$  mm. Zwei sich rechtwinklig kreuzende Lagen laufen parallel mit den Fundamentseiten. Die Stäbe dieser Einlagen liegen 30,5 cm voneinander entfernt. Die beiden anderen Lagen haben eine diagonale Richtung und haben einen gegenseitigen Abstand der Stäbe von 46 cm.

Die senkrechten Einlagen der beiden Schornsteinrohre werden aus 6 bis 8 m langen  $\perp$ -Eisen von demselben Querschnitt wie oben gebildet. Die Fussenden derselben sind nach aussen gebogen und zwischen die Einlagen der Fundamentplatte eingebettet, wodurch eine gute Verankerung des Schornsteinschaftes mit dem Fundament herbeigeführt wird. Diese Eisen greifen mit ihren Enden 75 cm übereinander. Sie liegen mit ihren Flanschen nach aussen. Alle 5,5 m werden sie durch  $25 \times 25 \times 3$  cm starke Horizontalringe aus  $\perp$ -Eisen umschlungen, die ihre Flansche nach innen kehren.

Das freistehende innere Rohr reicht bis zu einer Höhe von 15,5 m. Es ist 10,15 cm stark, während das äussere Rohr eine Stärke von 15,25 cm besitzt. Letzteres ist über dem oberen Ende des inneren Rohres nach innen abgesetzt und erhält von hier ab denselben inneren Durchmesser wie das Innenrohr, nämlich 1,83 m. Seine Wandstärke ist von hier ab auf 12,7 cm verringert. Zwischen

<sup>1)</sup> Zement und Eisen. 1905. Seite 292.

<sup>2)</sup> Zement und Beton. 1904. Seite 124.

beiden Rohren befindet sich ein ringförmiger freier Raum von 10,15 cm Breite. In Abständen von 46 cm ist das äussere Rohr auf seiner Innenseite mit 12 cm breiten senkrechten Rippen versehen, welche bis auf 1,2 cm an das innere Rohr heranreichen, so dass bei sehr starkem Winddruck durch Anlehnung dieser Rippen an das Innenrohr dieses das äussere Rohr in seinem Biegungswiderstand unterstützt. Der Zwischenraum zwischen beiden Rohren ist unten durch vier  $10 \times 10$  cm weite Oeffnungen mit der Aussenluft in Verbindung gesetzt.

Äussere und innere Form bestanden aus je sechs Teilen, die durch Flanschen zusammengehalten wurden und sich nur durch die Reibung an dem fertigen Schornsteinteil hielten.

Der Beton hatte im unteren Teil ein Mischungsverhältnis von 1 : 3, im oberen Teil von 1 : 4. Das Gesamtgewicht betrug 250 000 kg. Die Eiseneinlage wog 7100 kg.

In ähnlicher Weise ist in Tacoma (Washington) ein Schornstein von 91,5 m Höhe und 5,5 m innerem Durchmesser zur Abführung von Hüttengasen errichtet worden<sup>1)</sup>. Die quadratische Grundplatte hat 12 m Seite. Die Einlagen zeigen eine ähnliche Anordnung wie in dem vorigen Beispiel. Das innere Rohr reicht bis zu einer Höhe von 27,5 m. Die äussere Wand hat eine Stärke von 22,5 cm, die innere eine solche von 12,5 cm. Der Zwischenraum zwischen beiden Rohren beträgt 10 cm.

Das Gesamtgewicht einschliesslich 68 000 kg Eisen beträgt 1 500 000 kg. Für die Grundplatte war das Mischungsverhältnis des Betons 1 Teil Portlandzement auf 3 Teile Sand und 5 Teile Kies, für den Schornstein 1 Teil Portlandzement auf 3 Teile Sand.

### Schalungen.

Eine Hauptbedingung für die gute Ausführung von Eisenbetonkonstruktionen ist die zweckmässige Herstellung der Einrüstungen und Schalungen, auf und in welche nach Einbringung der Eiseneinlagen der Beton eingestampft wird. Auch das Ausrüsten muss mit Sachkenntnis und Vorsicht geschehen und darf nicht eher vorgenommen werden, als bis der Beton eine genügende Festigkeit erlangt hat.

#### Gesetzliche Bestimmungen.

Wir führen im folgenden zunächst die verschiedenen Forderungen an, welche in bezug auf die Schalungen und die Ausrüstung in den „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten vom 24. Mai 1907“ enthalten sind. Dieselben lauten:

§ 6,2. „Die Schalungen und Stützen der Decken und Balken müssen vollkommenen Widerstand gegen Durchbiegungen und ausreichende Festigkeit gegen die Einwirkungen des Stampfens bieten. Die Schalungen sind so anzuordnen, dass sie unter Belassung der bis zur völligen Erhärtung des Betons notwendigen Stützen gefahrlos entfernt werden können. Zu den Stützen sind tunlichst nur ungestossene Hölzer zu verwenden. Sind Stösse unvermeidlich, so müssen die Stützen an den Stossstellen fest und sicher verbunden werden.

<sup>1)</sup> Zement und Beton. 1905. Seite 282.

3. Verschalungen von Säulen sind so anzuordnen, dass das Einbringen und Einstampfen der Betonmasse von einer offenen, mit dem Fortschreiten der Arbeit zu schliessenden Seite erfolgen und genau beobachtet werden kann.

4. Von der Beendigung der Einschalung und dem beabsichtigten Beginn der Betonarbeiten in jedem einzelnen Geschosse ist der Baupolizeibehörde mindestens drei Tage vorher Anzeige zu machen.

§ 10,2. Die Fristen, die zwischen der Beendigung des Einstampfens und der Entfernung der Schalungen und Stützen liegen müssen, sind von der jeweiligen Witterung, von der Stützweite und dem Eigengewicht der Bauteile abhängig. Die seitliche Schalung der Balken, die Einschalung der Stützen, sowie die Schalung von Deckenplatten darf nicht vor Ablauf von acht Tagen, die Stützung von Balken nicht vor Ablauf von drei Wochen beseitigt werden. Bei grösseren Stützweiten und Querschnittsabmessungen sind die Fristen unter Umständen bis zu sechs Wochen zu verlängern.

3. Bei mehrgeschossigen Gebäuden darf die Stützung der unteren Decken und Balken erst dann entfernt werden, wenn die Erhärtung der oberen soweit vorgeschritten ist, dass diese sich selbst zu tragen vermögen.

4. Ist das Einstampfen erst kurze Zeit vor Eintritt von Frost beendet, so ist beim Entfernen der Schalung und der Stützen besondere Vorsicht zu beachten.

5. Tritt während der Erhärtungsdauer Frost ein, so sind mit Rücksicht darauf, dass die Erhärtung des Betons durch den Frost verzögert wird, die in Absatz 2 genannten Fristen um die Dauer der Frostzeit zu verlängern.

6. Beim Entfernen der Schalungen und Stützen müssen durch besondere Vorkehrungen (Keile, Sandtöpfe u. dergl.) Erschütterungen vermieden werden.

7. Von der beabsichtigten Entfernung der Schalungen und Stützen ist der Baupolizeibehörde rechtzeitig, und zwar mindestens 3 Tage vorher, Anzeige zu machen.

#### Allgemeines.

In bezug auf die Anordnung und Herstellung der Schalungen hat man die aus Eisenbeton bestehenden Bauteile in solche zu unterscheiden, die vorher auf dem Werkplatz oder in der Fabrik hergestellt werden, und in solche, die an Ort und Stelle ausgeführt werden.

Ersteres Verfahren hat für sich, dass die Teile mit grösserer Sorgfalt hergestellt werden können, dass man beim Bauen von der Witterung unabhängig ist, dass die Ausführung schnell vorwärts schreiten kann, und dass die Konstruktionen sofort belastet werden können, da der Beton schon vollständig erhärtet ist, wenn diese Einzelstücke in das Bauwerk gelangen. Man wird jedoch nur solche Stücke vorher in der Werkstatt fertigen, die nicht von zu grossen Abmessungen sind, weil sonst die Beförderung nach dem Bauplatz sowie das Heben und Versetzen wegen des grossen Gewichts mit Schwierigkeiten verbunden sind und allzu grosse und schwere Stücke auch leicht bei der Beförderung beschädigt werden. Füllungsplatten zwischen den Trägern, Decken- und Fussbodenplatten, Fusswegbeläge, Träger von nicht zu grossen Längen und Querschnittsabmessungen ebenso wie Säulen und Treppenstufen werden nach verschiedenen Bauweisen so im voraus hergestellt. Wir erwähnen als Beispiele Monierplatten, Stolte'sche Stegzementdielen sowie Siegartbalken und die Gitterträger von

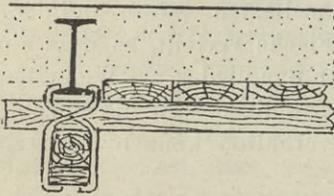
Visintini, welche beiden letzteren zugleich Fussbodenplatte, Träger und Decke bilden. Vor allem aber sind hier Leitungsrohre und Kanäle zu nennen, die in der Regel fabrikmässig hergestellt werden, solange der Durchmesser derselben unter etwa 1,5 bis 2 m bleibt. Auf die Formen und Einschaltungen solcher im voraus angefertigter Bauteile werden wir weiter unten zu sprechen kommen.

Ein sehr grosser Vorteil der an Ort und Stelle hergestellten Konstruktions- teile dagegen besteht darin, dass sie mit den benachbarten Gliedern sozusagen aus einem Stück nach der monolithischen oder selbsttragenden Bauweise hergestellt werden können, wodurch die einzelnen Teile untereinander gehörig versteift werden und sich gegenseitig unterstützen. Schon bei den Plattenbalken tritt dieser Vorteil ordentlich zutage, bei denen die Fussbodenplatte zugleich den oberen Flansch des Trägers bildet. Grössere Einzellasten, Stösse und dergl. werden bei dieser Bauweise stets auf eine grössere Fläche verteilt, so dass eine grössere Anzahl in innigem Zusammenhange stehender Bauglieder am Widerstand gegen äussere Beanspruchungen beteiligt ist, und dass infolgedessen die einzelnen Teile in vielen Fällen einen geringeren Querschnitt erhalten können, als wenn jeder für sich allein diesen Widerstand leisten muss.

Alle Einrüstungen und Schalungen für Bauteile, die an Ort und Stelle ausgeführt werden, müssen so hergestellt werden, dass sie folgenden Hauptanforderungen genügen. Bei möglichst billiger Herstellung sollen sie so stark und fest sein, dass sie Lasten mit Sicherheit tragen und den durch das Einstampfen des Betons verursachten Stössen und Erschütterungen unbedingten Widerstand leisten, ohne aus ihrer Lage zu weichen, oder Ausbauchungen zu erhalten. Die Schalungen oder Formen müssen sich leicht befördern lassen. Man muss sie leicht und schnell aufstellen können, und ebenso muss das Ausrüsten sich ohne besondere Mühe bewirken lassen und zwar so, dass Erschütterungen der hergestellten Stücke vermieden werden, was durch Anbringung von Keilen, Sandtöpfen usw. an geeigneten Stellen erreicht wird. Während des Einstampfens muss die Eiseneinlage in bezug auf ihre richtige Lage übersehen werden können, und überall muss man mit den Stampfwerkzeugen hinzugelangen können, so dass es möglich ist, die Einlagen vollständig und sicher mit Beton zu umstampfen. Zu diesem Zwecke müssen die Schalungen mitunter dem Fortschreiten der Arbeit entsprechend stückweise angebracht werden, wie z. B. beim Einstampfen von Pfeilern. Auch die Einbringung der Eiseneinlagen erfordert manchmal eine solche stückweise Anbringung der Schalung. Ebenso muss man die Schalungen teilweise entfernen können, um sie schon an anderen Stellen wieder benutzen zu können, während andere Teile noch längere Zeit an ihrem Platze bleiben. So müssen z. B. die Schalungen der Deckenplatten sowie die Seitenschalungen der Eisenbetonbalken früher entfernbar sein, während die Unterfläche der letzteren noch längere Zeit unterstützt bleibt. Diese möglichst baldige Wiederverwendung ist erforderlich, um die Kosten der Schalung, die bei einem grossen Bauwerk ohnehin schon recht erheblich sind, möglichst einzuschränken. Aus demselben Grunde muss man suchen, die einmal hergestellte Schalung möglichst oft benutzen zu können. In anderen Fällen richtet man Schalungen für Bauteile, die nur in geringer Anzahl angefertigt werden, so ein, dass möglichst wenig Hölzer zerschnitten werden.

Die Art und Weise der Einrichtung und Anbringung der Schalung richtet sich auch sehr nach der Art der Eiseneinlage. Ueberall, wo diese so beschaffen ist, dass sie allein die späteren Lasten zu tragen imstande ist, kann man sie ohne Bedenken dazu benutzen, die Schalungen während des Einstampfens zu tragen. So geschieht es z. B. mit den Deckenschalungen und Schalungen der Dachflächen, wenn die Träger und Sparren aus  $\perp$ -Eisen oder festen, zusammen-genieteteten Gitterträgern bestehen. Die Schalbretter liegen dann oft auf Querhölzern, die auf dem unteren Flansch oder Träger ruhen oder an diesen angehängt sind. Die unterstützenden Querhölzer werden auch oft durch eiserne Gerüsthalter ersetzt. die

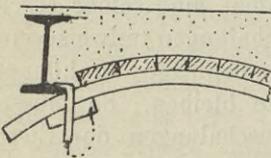
Fig. 249.



am oberen oder unteren Trägerflansch ihren Stützpunkt finden, sich leicht anbringen und wieder entfernen lassen und meist so eingerichtet sind, dass sie für verschiedene Trägerentfernungen sich benutzen lassen. Ähnliche Gerüsthalter sind auch für gewölbte Decken im Gebrauch (Fig. 249 bis 252).

Einige Bauweisen verwenden für die Träger obere und untere Einlagen, die gitterartig miteinander verbunden sind und schon allein eine ziemliche Tragfähigkeit besitzen, ihre volle Tragkraft aber erst im Verein mit dem umstampften Beton erhalten. Solche Einlagen zum alleinigen Tragen der Deckenschalungen zu benutzen, ist nicht einwandfrei. Die Einlagen bekommen durch das Gewicht der Schalung, der Arbeiter, des Betons usw. schon eine gewisse Durchbiegung und Anspannung, auf welche bei ihrer Berechnung nicht Rücksicht genommen wurde. Eher kann man bei solchen Einlagen auf diese einen Teil der Lasten der Schalungen übertragen und auf diese Weise die Anzahl der Stützen auf ein geringes Maß zurückführen.

Fig. 252.



Dagegen kann man Eisenbetonbalken, welche vorher auf dem Werkplatz hergestellt und vollständig erhärtet sind, zum Tragen der Schalung für die Decke ohne Bedenken benutzen. Man spart in diesen Balken dann bei der Herstellung quer durchgehende Löcher aus, durch welche Bolzen gezogen werden, um Längshölzer an den Balken zu befestigen. Auf diese Längshölzer werden dann die Schalbretter aufgelegt (Fig. 257). Durch dies Verfahren werden die Einschaltungen an der Baustelle ebenfalls sehr vereinfacht und die sonst notwendigen senkrechten Stützen fallen ganz fort. Dagegen ist diese Anordnung nicht gut zu heissen, wenn derartige Träger als Plattenbalken berechnet wurden, da zwischen dem bereits seit längerer Zeit erhärteten Balken und der nachträglich aufgestampften Platte niemals ein so inniger Zu-

Fig. 250.

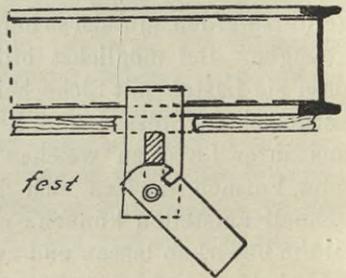
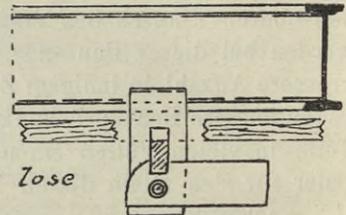


Fig. 251.

sammenhang stattfinden wird, als wenn diese Teile gleichzeitig und in vollständigem Zusammenhang hergestellt worden wären.

In den meisten Fällen werden die Schalungen aus Holz hergestellt (Fig. 253 bis 256). Hohlräume werden bei den Decken oft durch mit eingestampfte Hohl-

Fig. 253.

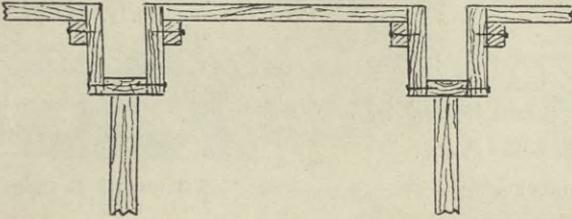


Fig. 257.

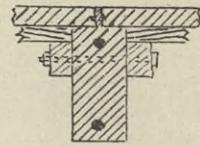


Fig. 254.

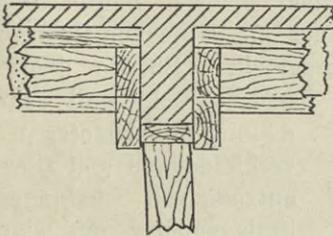


Fig. 255.

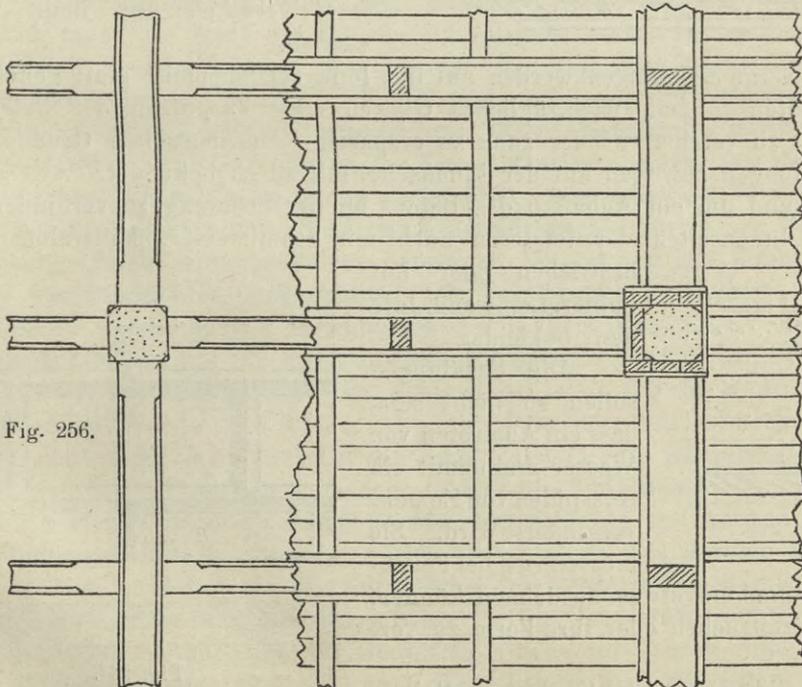
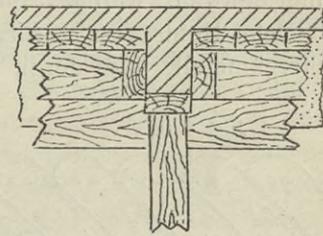
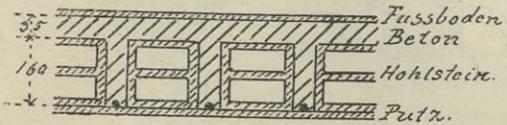


Fig. 256.

ziegel oder Drainrohre gebildet (Fig. 258 und 259). Sollen die Oberflächen der hergestellten Körper recht glatt werden, so verwendet man auch eiserne Formen

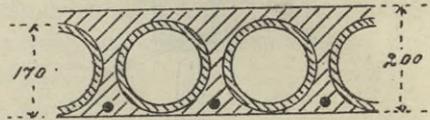
namentlich für Bauglieder, die auf dem Werkplatz hergestellt werden, und in den Fällen, in welchen eine sehr grosse Anzahl gleicher Stücke angefertigt werden. Auch für Körper mit gekrümmten Oberflächen sind Formen aus Eisen häufig in Anwendung. So werden z. B. die halbkreisförmigen Wölbungen der Unterfläche von Koenenschen Rippendecken und die Hohlräume der Plandecken

Fig. 258.



Zöllnersche Zellendecke.

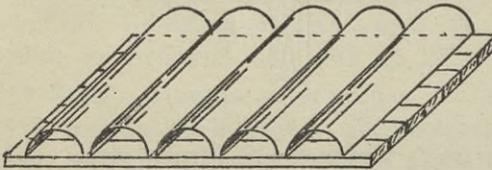
Fig. 259.



Bauweise Bramig.

desselben Erfinders mit Hilfe gebogener Blechplatten hergestellt, welche auf die ebene Schalung gestellt werden, und über die der Beton aufgestampft wird (Fig. 260). Solche Hohlräume werden auch mit Hilfe von Rohrgeweben, Rabitzgeweben, Streckmetall und dergl. hergestellt. Ebenso dient Rabitzgewebe

Fig. 260.



und Streckmetall zur Herstellung dünner unbelasteter Wände, Deckenverkleidungen und Gewölbe ohne Benutzung von Schalungen, indem diese Einlagen nur mit einem einseitigen oder beiderseitigen Zementmörtelwurf versehen und dann verputzt werden.

Hölzerne Schalungen werden auf den Innenflächen meist glatt gehobelt, um die Arbeiten für ein nachträgliches Glätten oder Verputzen der Betonflächen möglichst zu verringern oder ganz zu ersparen. Aus demselben Grunde werden die Schalungen zuweilen auf der Innenseite mit Blech bekleidet. Aus gleichem Grunde, und um ein Anhaften des Betons an der Schalung zu verhindern, werden die Innenseiten der letzteren auch mit Schmierseife, Mineralöl u. dergl.

Fig. 261.

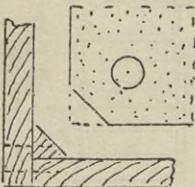


Fig. 262.

bestrichen oder mit Papier, Leinwand, Jute usw. bekleidet.

Die Schalungen sollen so dicht sein, dass ein Austreten von Wasser und damit ein Ausspülen von Zement verhindert wird. Sie müssen sich bei Feuchtigkeitsaufnahme etwas ausdehnen können, ohne auszubauchen oder ihre Form zu verändern.

Fig. 263.

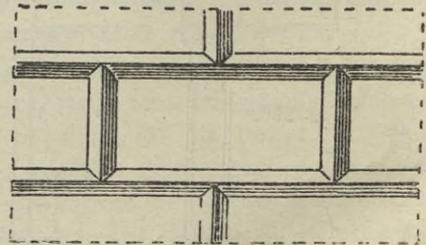
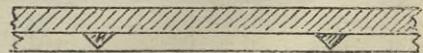


Fig. 264.



Abschrägungen der Kanten von Balken und Säulen werden dadurch hergestellt, dass man dreieckige Leisten in den Ecken der Formen befestigt (Fig. 261 und 262). Fugen in Wandflächen werden

ebenfalls durch Aufnagelung solcher Leisten verschiedenen Querschnitts auf die Innenflächen der Schalungen gebildet (Fig. 263 und 264).

Einzelne Verzierungen werden durch Einsetzung von Gipsformen an den betreffenden Stellen hergestellt. Gipsformen verwendet man auch zur Herstellung von verzierten Einzelstücken oder Figuren, wenn keine allzu grosse Anzahl derselben herzustellen ist. Die Form muss fest sein. Sie besteht daher aus Estrichgips oder einer Mischung von Estrich- und Stuckgips. Damit die Gipsmasse dem Beton das zur Erhärtung nötige Wasser nicht entzieht, ist die Innenfläche der Form mit Schellack überstrichen.

Für Stücke desselben Querschnitts und verschiedener Länge sind auch vielfach verstellbare Formen in Gebrauch.

### Schalungen für Decken.

Für Einschaltungen von Trägerdecken geben die schon genannten Figuren 249 bis 252 Beispiele. Hängeisen müssen leicht zu befestigen und zu lösen sein. Die Schalungshölzer für Decken mit  $\perp$ -Trägern können auch durch einfache Einschaltungsklammern an den Unterflanschen der Träger befestigt werden.

Die Figur 253 gibt ein Beispiel für die Schalung einer einfachen Rippendecke. Jede Rippe ist durch eine Bohle unterstützt, welche auf senkrechten oder auch schrägstehenden Holzstützen ruht. Für die allmähliche Entfernung letzterer sind Keile oder Sandtöpfe vorgesehen. Die Fusspunkte der Stützen müssen natürlich selber eine feste nicht nachgiebige Lage haben. Treffen sie beispielsweise auf andere Decken, so müssen diese selber von unten an diesen Stellen sicher unterstützt sein. Zur besseren Druckverteilung legt man ein Brettstück unter das Ende der Stütze. Da hölzerne Stützen auf bestimmte Länge zugeschnitten werden müssen, was Verlust von Holz und Zeit erfordert, sind vielfach Stahlrohrdeckenstützen z. B. nach Patent Sommer in Gebrauch, welche ausziehbar sind und auf die erforderliche Länge festgestellt werden können. Ähnliche Rohre sind G. A. Wayss in Wien patentiert. Auch zur Verspreizung von Baugrubenbohlenwänden finden derlei Rohre zweckmässige Verwendung.

Seitlich an der unteren Bohle sind die Seitenbohlen der Rippe durch Nägel oder besser durch Schraubenbolzen befestigt. Sie reichen mit ihrer Oberkante bis zur Unterfläche der Deckenplatte. Die Schalbretter für letztere ruhen auf Längsleisten, welche an den Seitenbohlen der Rippen angeschraubt sind.

Deckenschalungen für die Bauweise Hennebique sind in der Regel nach Figur 254 bis 256 konstruiert. Die Bohlen sind etwa 6,5 cm stark. Nachdem die tragenden Wände und Pfeiler bis zur Höhe der Balkenunterkante fertig gestellt sind, stellt man zunächst die Schalungen für die Hauptträger auf, bestehend aus der auf Stützen ruhenden, den Boden bildenden horizontalen Bohle und den beiden Wangen. Letztere werden angeschraubt und können auch noch durch Bohlenzwingen in ihrer Lage erhalten werden. Die Formen der Hauptträger werden zunächst bis zur Unterfläche der Nebenträger oder Rippen hergestellt. Man bringt nun die untere Bohle für die Nebenträger an, die entweder auf den unteren Seitenbohlen der Hauptträger oder auf Leisten ruht, welche an diesen Bohlen befestigt sind. Je nach ihrer Länge wird die untere Bohle der Nebenträger noch in der Mitte oder an mehreren Punkten unmittelbar von unten durch Stiele unterstützt. Hierauf werden die oberen Teile der Wangen der

Hauptträger sowie die Wangen der Nebenträger so weit aufgebracht, dass gerade noch eine Bohlenstärke bis zur Unterfläche der Fussbodenplatte fehlt. Die einzelnen Bohlen werden durch Brettstücke, die aussen angenagelt werden, in ihrer richtigen Lage gehalten. Dann bringt man die Schalung für die Platte auf. Die Bohlen dieser Schalung ruhen an ihren Enden auf den Seitenwangen der Hauptträger und werden ausserdem noch ein oder mehrere Male durch horizontale Hölzer unterstützt, die an den Wangen der Nebenträger befestigt werden.

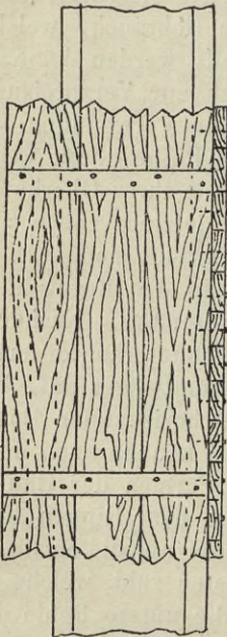
Beim Ausschalen werden zunächst die Bohlen der Deckenplatte und die Wangen der Träger behutsam entfernt, während die Träger von unten noch längere Zeit unterstützt bleiben.

Sind die Träger vorher auf dem Werkplatz hergestellt, so werden an den Seiten derselben Längshölzer befestigt und zwar mittels Schraubenbolzen, welche durch ausgesparte Löcher der Träger gehen. Auf diese Längshölzer legt man dann die Schalung für die Fussbodenplatte (Fig. 257).

Nach Fertigstellung der Schalung bringt man die Eiseneinlage an ihren richtigen Ort oder man stampft auch erst eine dünne Betonlage auf, wenn nämlich die Einlageeisen so dicht zusammenliegen, dass man mit den Stampfwerkzeugen nicht gut zwischen dieselben gelangt.

Träger, Nebenträger und Wände werden im Zusammenhange und in dünnen Schichten aufgestampft, wobei besonders darauf zu achten ist, dass die Eiseneinlagen nicht aus ihrer richtigen Lage verschoben werden und dass unter den Einlagestäben keine Hohlräume verbleiben. Darauf wird die Deckenplatte ebenfalls in möglichstem Zusammenhange mit Trägern, Wänden und Pfeilern aufgestampft, unter Einschaltung etwa nötig werdender Ausdehnungsfugen.

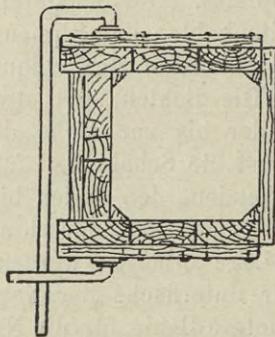
Fig. 265.



## Schalungen für Pfeiler.

Schalungen für Pfeiler rechteckigen oder quadratischen Querschnitts werden meist so hergestellt, dass zunächst nur die Schalung für drei Seiten des Pfeilers aus-

Fig. 266.



geführt wird, nachdem die Eiseneinlagen an die richtige Stelle gebracht wurden. Die Schalung für

die vierte Seite wird dann dem Fortschreiten des Einstampfens entsprechend nach

Fig. 267.

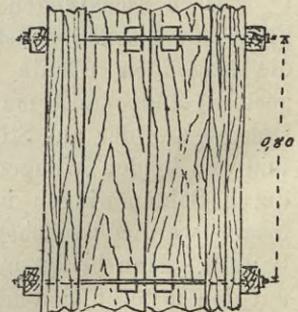
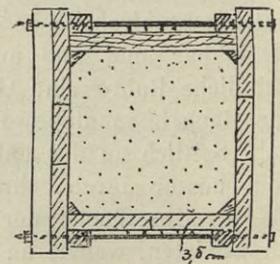


Fig. 268.

und nach angebracht und besteht meist aus horizontalen Bohlstücken, welche von oben eingeschoben werden (Fig. 265 bis 272). Auch die Querverbindungen zwischen den Vertikaleinlagen können, da sie beim Einstampfen des Betons hinderlich sind, wenigstens zum Teil nach und nach angebracht werden.

Fig. 269.

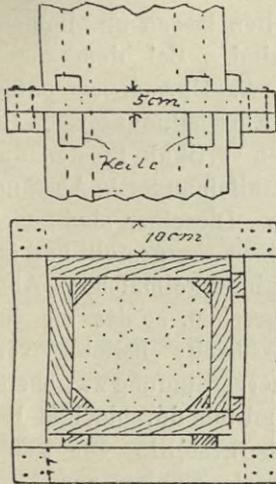


Fig. 270.

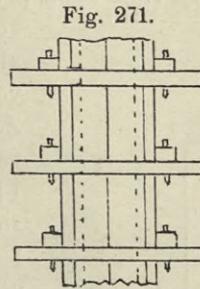


Fig. 271.

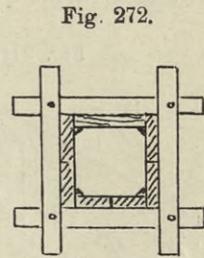


Fig. 272.

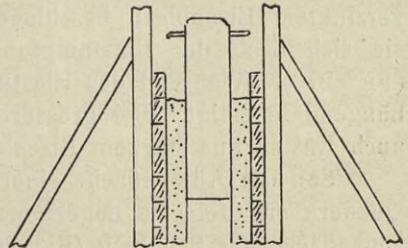
Die Schalungen für die gleich in ganzer Höhe ausgeführten Seiten bestehen entweder ebenfalls aus horizontalen oder meist aus vertikalen Bohlen, welche für jede Seite durch übergengelagerte Leisten zusammengehalten werden. Nach Hennebique werden die Schalungen der drei Seiten durch Bohlenzwingen zusammengehalten (Fig. 265 und 266). Bei anderen Konstruktionen sind die senkrechten Bohlen an Rahmschenkelhölzern genagelt. Durch die überstehenden Enden der letzteren sind Schraubenbolzen gezogen, durch welche die Schalungen fest aneinander gepresst werden (Fig. 267 und 269). Bei dem Einschalungsverfahren nach Fig. 269 wird das Zusammenpressen durch Keile bewirkt (Fig. 269 u. 270).

Säulen aus spiralumschnürtem Beton erhalten zweckmäßig einen kreisförmigen oder doch wenigstens achteckigen Querschnitt. Für diese Säulen werden in der Regel zweiteilige eiserne Formen verwandt.

#### Schalungen für Wände.

Die Schalungen für Wände werden am besten in ähnlicher Weise wie für Pfeiler hergestellt, indem man nur zunächst eine Seite der Wand vollständig einschalt und auf der anderen Seite die Schalbretter mit dem Fortschreiten des Einstampfens höher führt. Die Schalbretter liegen in diesem Fall horizontal und sind an äusseren kräftigen Pfosten befestigt. Letztere können bei niedrigen Mauern zu ebener Erde durch Streben abgestützt werden (Fig. 273). Bei höheren Mauern verbindet man die gegenüberstehenden Pfosten durch Zangen, Drahtschlingen oder Schraubenbolzen (Fig. 274). Bei dieser Art des Einschalens können auch die Einlagen wenigstens teilweise erst nach und nach an ihren Platz gebracht werden, damit sie beim Einstampfen nicht hinderlich sind. Besondere Sorgfalt ist der guten Einlage und Umstämpfung der Eisen der Träger zuzuwenden, deren Enden in

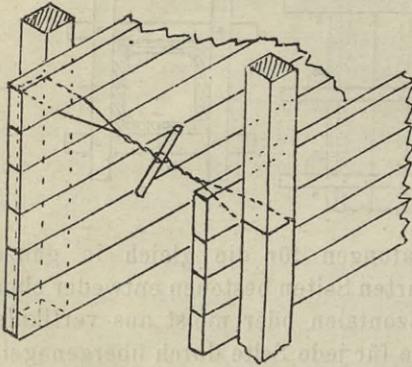
Fig. 273.



den Mauern und Wandpfeilern sich verankern. Alle aneinander stossenden Wände sollen im Zusammenhang und stets in horizontalen Schichten aufgestampft werden.

Da bei gewöhnlichen Verschalungen viel Holz verschnitten wird und die Herstellung derselben viel Zeit beansprucht, hat man verstellbare Schalungen er-

Fig. 274.



sonnen, welche sich für beliebige Wandstärken einstellen lassen und immer wieder verwendbar sind. Bei dem der Kalker Zementfabrik A. Uhrmacher patentierten verstellbaren Einschaltungsgerüst (D. R. P. 143427) werden vertikale Pfosten und horizontale Riegel miteinander in Abständen von 1 m verbunden. Dieselben sind aus je zwei verzinkten  $\perp$ -Eisen hergestellt und auf ihrer ganzen Länge in regelmässigen Abständen mit Löchern versehen, so dass sie sich nach der Höhe und Breite beliebig verstellen lassen. Die Querverbindung zwischen beiden Wänden wird mittels durchlochter Röhren

und durchgesteckter Stifte, die keilartig wirken, hergestellt. Die Felder sind überall 1 m breit, so dass nur 1 m lange horizontale Bohlen zur Ausfüllung derselben gebraucht werden. Das Endfeld hat je nach der Länge der einzuschalenden Wand eine geringere andere Breite und wird mit senkrecht gestellten Bohlen verschalt.

Andere Einschaltungsgerüste sind so eingerichtet, dass breitere Bohlen in zwei Reihen übereinander durch Bügel, Haken, Oesen und Stifte, sowie Gabeln und Schraubenbolzen aneinander befestigt werden. Nachdem beide Bohlenhöhen schichtenweise mit Beton vollgestampft sind, werden die unteren Bohlen gelöst und auf den oberen wieder befestigt, da unten der Beton inzwischen eine genügende Festigkeit erlangt hat.

Sollen die Mauern mit Hohlräumen hergestellt werden, so sind ausser den äusseren Verschalungen auch noch innere Verschalungen oder Kerne notwendig. Innere Schalungen müssen sich leicht auseinandernehmen lassen. Die Bohlen der einzelnen Seiten können z. B. durch Haken und Oesen verbunden werden. Zweckmässig ist die Anbringung von Spanschlössern (Fig. 275). Kleinere Hohlräume z. B. für Rauchrohre werden durch Holzkerne gebildet, welche aussen mit verzinktem Eisenblech beschlagen und nach unten etwas verjüngt sind, damit sie sich nach der Umstampfung des Betons leichter nach oben ziehen lassen (Fig. 273). Während des Einstampfens sind sie oben an der äusseren Schalung hängend befestigt. Bei grösserem Querschnitt des Hohlraumes verwendet man auch Kästen aus starkem Eisenblech als Kerne (Fig. 276).

Soll die Aussenfläche einer Eisenbetonwand das Aussehen einer Mauer aus Quadern erhalten, so nagelt man Leisten vom Querschnitt der Fugen auf die Innenfläche der Schalung (Fig. 263 und 264).

Oft ist man bestrebt, die Aussenfläche des Betons recht glatt zu erhalten, um eine nachträgliche Bearbeitung derselben oder ein Verputzen zu ersparen. Man kann die Bohlen dann auf der Innenfläche glatt hobeln. Man kann die

Bohlen auch recht dicht aneinanderfügen, um ein Eindringen des Betons in die Zwischenräume zu verhindern, ohne ein Ausbauchen der Schalung beim Quellen durch die Nässe des Betons befürchten zu müssen, wenn man nach Fig. 277 je eine Kante der Bohle aussen abfast. Beim Quellen des Holzes drückt sich die scharfe Kante dann scharf in die Nachbarbohle ein.

Nach einzelnen Bauweisen werden Wände und Pfeiler in der Weise hergestellt, dass man gleich die ganze Einlage und Schalung für die volle Höhe

Fig. 275.

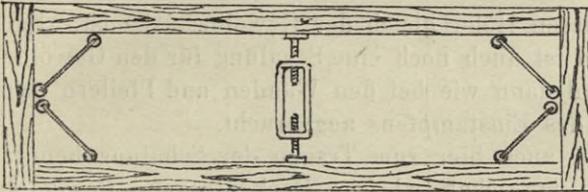
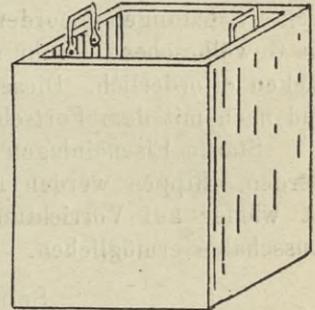


Fig. 276.



errichtet und den Beton, der dann mit mehr Wasser angemacht wird, von oben einfüllt. Wegen der grossen Höhe und den vielen Einlagen ist ein Stampfen dann unmöglich, so dass man keine Gewissheit darüber hat, ob die Schalung überall gut ausgefüllt ist und ob namentlich die Eiseneinlagen von allen Seiten innig von Beton umhüllt sind. Solche Ausführungen würden höchstens für unbelastete Wände zulässig sein. Nach den „Bestimmungen“ wird überall das Stampfen in niedrigen Schichten gefordert, und sind daher für tragende Wände und Pfeiler nur Schalungen zu verwenden, bei denen die eine Seite nach und nach verschalt wird, je nachdem das Ausstampfen vorwärts schreitet. Sind beim Einstampfen Bügel, Querschlingen oder andere Horizontaleinlagen hinderlich, so bringt man diese ebenfalls erst nach und nach an und hält die senkrechten Einlagen dann zunächst durch vorläufige Befestigungen in ihrer richtigen Lage.

Fig. 277.



Dünne nicht belastete Scheidewände z. B. nach der Monierbauweise werden auch mit nur einer Schalung auf einer Seite ausgeführt, indem man diese in geringem Abstand von der Einlage errichtet und dann von der anderen Seite her durch das Moniergitterwerk ziemlich dick angemachten Zementmörtel anwirft, so dass derselbe durch die Maschen der Einlage dringt. Durch mehrmaliges Antragen neuer Schichten wird das Ganze dann auf eine Stärke von 3 bis 4 cm gebracht und glatt verputzt.

In ähnlicher Weise werden Rabitzgewebe und engmaschiges Streckmetall auch ganz ohne Schalung umhüllt, wozu man allerdings meist andere Mörtelmischungen aus Kalk, Gips usw. bestehend verwendet.

Ganz ohne Schalung können auch Fundamentmauern u. dergl. ausgeführt werden, wenn der Erdboden die nötige Standfähigkeit besitzt. Ist letzteres nicht der Fall, so müssen auch hier Schalungen, die dann in der Regel zugleich zur Unterstützung des Erdreichs dienen, angewandt werden. Man benutzt dabei mit Vorteil eiserne, verstellbare Spreizen, die an den Enden mit Kugelgelenken versehen sind und sich leicht auf die Breite der Baugrube einstellen lassen. Aehn-

liche Spreizen werden als Untersätze für die Stützen von Deckenschalungen benutzt, woselbst sie zur Regelung der Stützenlänge und zugleich zur bequemen Ausrüstung dienen.

#### Schalungen für Gewölbe.

Bei der Herstellung der Schalungen für Gewölbe ist im allgemeinen dasselbe zu beachten wie bei den Deckenschalungen. An die Stelle der Ebene tritt hier die gekrümmte Fläche. Die Bohlen sind durch Lehrbogen von Holz oder Eisen unterstützt (Fig. 272), bei grossen Spannweiten durch gezimmerte Lehrgerüste. Liegen die Gewölbe an den Stirnseiten frei, so sind hier noch senkrechte Schalungen erforderlich, deren Höhe gleich der Gewölbestärke ist. Sind die Gewölbeschenkel sehr steil, so ist auch noch eine Schalung für den Gewölberücken erforderlich. Dieselbe wird dann wie bei den Wänden und Pfeilern nach und nach mit dem Fortschreiten des Einstampfens angebracht.

Starke Eiseneinlagen können auch hier zum Tragen der Schalung benutzt werden. Rippen werden ähnlich eingeschalt wie die Deckenträger. Besonders ist wieder auf Vorrichtungen zu achten, welche ein langsames und ruhiges Ausschalen ermöglichen.

#### Schalungen für Schornsteine.

Schalungen für Schornsteine bestehen aus einer äusseren und einer inneren Schalung. Wie schon weiter oben erwähnt wurde, hängen dieselben meist an Ständern und übergekragten Balken des inneren Arbeitsgerüsts, besitzen nur eine verhältnismässig geringe Höhe und werden, nachdem sie vollgestampft sind, gelockert und weiter oben wieder angebracht. Auch für Zellensilos hat man derartige Schalungen benutzt.

#### Schalungen für Rohre.

Rohre werden fabrikmässig stehend oder liegend hergestellt. Auch hier ist eine äussere meist zweiteilige Schalung und ein innerer Kern notwendig. Letzterer ist zweckmässig so eingerichtet, dass nach Herstellung des Rohres sein Durchmesser verringert werden kann, um eine bequeme Entfernung zu ermöglichen. Die grösste Festigkeit erlangen Eisenbetonrohre natürlich, wenn die Betonmasse gestampft werden kann. Ist die Wandstärke hierfür zu gering oder die Eiseneinlage zu eng, so werden die Formen mit einem mehr dünnflüssigen Beton voll gegossen. Zur Herstellung von Rohren sind auch Maschinen im Gebrauch, durch welche der Beton mittels Walzen auf den mit der Einlage überspannten Kern aufgedrückt wird.

Es sei hier darauf aufmerksam gemacht, dass man aus jedem geformten Rohr den Kern nach der Herstellung alsbald entfernen muss, während die äussere Verschalung länger das Rohr umhüllen darf. Da sich der Beton beim Trocknen etwas zusammenzieht, würde das auf dem Kern verbleibende Rohr, dessen Durchmesser sich etwas verringert, Risse erhalten. Von der äusseren Schalung dagegen löst es sich bei Verringerung dieses Durchmessers von selber leicht los.

Schalungen für andere auf dem Werkplatz hergestellte Stücke.

Rammpfähle aus Eisenbeton werden stehend oder liegend gestampft. Ersteres entspricht den „Bestimmungen“ und der statischen Beanspruchung und

ergibt die grösste Festigkeit. Man braucht aber zur Herstellung hohe Gerüste, wodurch die Arbeit verteuert wird. Daher sind Rammpfähle auch vielfach liegend gestampft worden, wodurch man ebenfalls brauchbare Pfähle erhalten hat. Wenn irgend zugänglich, fertigt man Rammpfähle auf oder in unmittelbarer Nähe des Bauplatzes. Werden die Pfähle länger als 15 m, so wird zunächst ein Pfahl von dieser Länge eingerammt, der Beton am Kopfe abgeschlagen und dann an Ort und Stelle die Eiseneinlage verlängert, die Schalung angebracht und das noch fehlende Stück aufgestampft.

Spundpfähle werden in derselben Weise wie Rammpfähle gefertigt.

Von den in der Werkstatt gefertigten Balken seien die Siegartbalken und die Visintinträger hier in bezug auf ihre Einschalung etwas näher beschrieben.

Die Siegartbalken werden nicht einzeln fabriziert, sondern in Schichten von je 2,50 m Breite, also je 10 Balken zugleich (Fig. 278). Auf eine unterste Betonschicht von etwa 13 bis 15 mm Höhe, welche die spätere Decke bilden soll, werden die Kernmodelle aus Eisenblech auf gewisse Entfernung parallel nebeneinander gelegt. Sie bilden die Hohlräume der Balken. An den Seitenwandungen dieser Modelle sind vorher mittels einfacher Drahringe und Schlingen die berechneten Rundeiseneinlagen entsprechend abgebogen, unverrückbar befestigt worden. Die 10 nebeneinander liegenden armierten Modelle werden nun mit Zementmörtel (Maschinenmischung von einem Teil Portlandzement und vier Teilen scharfkörnigem Sand) einfach einbetoniert, gestampft und der so entstandene Boden abgeglättet. Die ganze Schicht wird nun in einzelne 25 cm breite Streifen, d. h. in 10 Balken zerteilt, während der Zementmörtel noch nicht

Fig. 278.

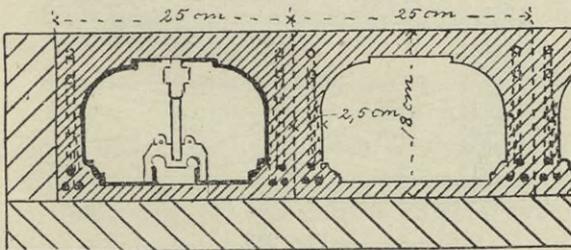
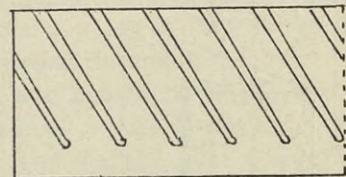


Fig. 279.

*Seitenansicht.*

völlig abgebunden hat. Dies Zerteilen geschieht durch eine sinnreich konstruierte Schneidemaschine, an deren Messern Rippen angebracht sind, so dass die äusseren Seitenwandungen der Balken geriffelt werden (Fig. 279). Zwei Mann können mit dieser Maschine in 10 Minuten ein Feld von 10 Balken zerschneiden.

Einige Stunden nach dem Einbetonieren und Schneiden der Balken werden die Kernmodelle, welche durch wenige Kurbeldrehungen einer Schraube in ihrem Querschnitt verkleinert werden können, ohne Schwierigkeit aus den inzwischen genügend erhärteten Hohlbalcken herausgezogen, um in einer neuen Schicht auf gleiche Weise verwendet zu werden. Da die Schneidemaschine in ihrer Höhe verstellbar ist, ist es möglich, um in der Fabrik an Raum zu sparen, 6 bis 8 Schichten Hohlbalcken übereinander herzustellen.

Nach fortgeschrittener Erhärtung der Balken in einigen Tagen und nachdem die Länge der Stücke, sowie die Anzahl und Stärke der Eiseneinlagen auf

jedem Balken eingeprägt worden ist, werden dieselben auf den Lagerplatz geschafft. Zwei bis drei Wochen später können sie, vollkommen erhärtet und ausgetrocknet, auf den Bauten verwendet werden.

Gitterträger nach System Visintini gestalten sich ebenfalls in ihrer Herstellung sehr einfach. Die Drähte für die Diagonalen werden in kurze Stücke geschnitten und gleich mittels Maschinen an den beiden Enden zu Augen umgebogen. Sie werden dann auf die Gurteisen aufgefädelt. Auf einer Unterlagsbohle, auf welcher die Dreieckformen für die Hohlräume aufgezeichnet sind, werden dann dreieckige gusseiserne oder aus anderem Material bestehende Formen (Fig. 280 und 281) als Kerne aufgesetzt. Die äussere Verschalung bilden 5 cm starke, hölzerne Bohlen, welche durch Klammern zusammengehalten werden. In der Regel werden zwei Formen mit gemeinsamer Zwischenbohle auf einer Grundbohle aufgestellt (Fig. 282 und 283). Nachdem die Einlagen eingebracht sind, die durch vorläufige Unterstützungen in ihrer richtigen Lage erhalten werden, wird der Beton eingestampft, der beispielsweise bei einem vierstöckigen Fabrikbau in Reading im Verhältnis  $1 : 1\frac{1}{2} : 3\frac{1}{2}$  gemischt war. Die Formen

Fig. 280.

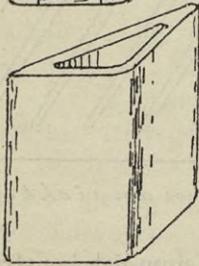
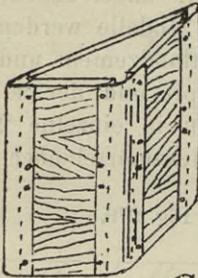


Fig. 281.

Fig. 282.

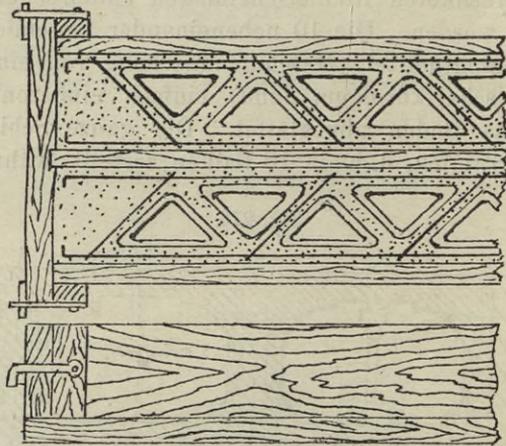


Fig. 283.

werden nach zwei Tagen entfernt, gereinigt, eingefettet und dann aufs neue benutzt.

Bei dem oben erwähnten Fabrikbau waren Unterzüge von 7,7 m Länge, 62 cm Höhe und 38 cm Breite hergestellt. Ober- und Untergurt waren 12 cm stark, während die Vertikalen und Diagonalen  $6\frac{1}{4}$  cm dick waren. Ober- und Untergurt hatten als Einlage je ein 35 mm starkes Rundeisen, während die Diagonalen 10 bis 15 mm dick waren. Es wurden 84 solche Unterzüge und 30 ähnliche Dachträger verwendet. Ausserdem wurden 8700 kleinere Deckenträger hergestellt. Die Unterzüge, welche ein Gewicht von rund 3000 kg besaßen, wurden stets in der richtigen Stockwerkshöhe hergestellt und dann versetzt, während die Deckenträger, die nur 3,6 m lang waren und 136 kg, d. h. 190 kg/qm, wogen, zu ebener Erde angefertigt und dann mittels Aufzuges in die Höhe befördert wurden.

Mit den letztgenannten kleineren Trägern wurden Probelastungen an- gestellt, wobei sich eine Bruchbelastung von 1700 kg/qm ergab, d. h. das  $4\frac{3}{4}$  fache von der 360 kg/qm betragenden verlangten Nutzlast.

Treppenstufen werden ebenfalls in grossen Mengen in der Werkstatt aus Eisenbeton hergestellt, sowohl für einseitig eingemauerte als auch für beiderseits oder auf der ganzen Länge der Stufen unterstützte Treppen.

Bessere Treppenstufen werden so hergestellt, dass der äussere, sichtbar bleibende Teil aus sogenanntem Feinbeton in bester Mischung gestampft den inneren tragenden Kernbeton umschliesst. Nach der Ausschalung lässt man die Stufen noch 8 bis 14 Tage erhärten, worauf die sichtbar bleibenden Flächen vom Steinmetz bearbeitet, oder geschliffen oder poliert werden.

Die Formen bestehen aus Holz oder Eisen. Das Einstampfen geschieht entweder so, dass die Auftrittsfläche sich oben oder unten befindet. Im ersteren Falle wird die Stufe beim Ausschalen umgekippt. Im letzteren Falle wird die Auftrittsfläche dichter und widerstandsfähiger.

Ueber die Formen und das Einstampfen gilt im übrigen dasselbe, was bei den Trägern aus Eisenbeton angeführt wurde.

## Steinkonstruktionen mit Eiseneinlage.

### Allgemeines.

Mit den eigentlichen Eisenbetonkonstruktionen haben eine Reihe von mit Eiseneinlagen versehenen Steinkonstruktionen eine sehr grosse Aehnlichkeit. Die Eiseneinlagen haben auch hier den Zweck, die durch die äusseren Beanspruchungen entstehenden Zugspannungen aufzunehmen, während die Aufnahme der Druckspannungen hauptsächlich durch das Steinmaterial erfolgt. Ebenso sollen die Eiseneinlagen der Steinkonstruktion eine gewisse Steifigkeit verleihen und dieselbe widerstandsfähig gegen Stösse und Erschütterungen machen.

Es gelangen bei diesen Konstruktionen fast nur künstliche Steine zur Verwendung und zwar je nach den Ansprüchen, die man an die Festigkeit, an die Feuersicherheit, an das Eigengewicht usw. stellt, gewöhnliche oder porige Voll- oder Hohlziegel, Schwemmsteine, Steine aus Kieselgur, Zement, Asbestzement oder Formziegel der verschiedensten Art.

Als Mörtel kommt hauptsächlich solcher aus Portlandzement zur Verwendung. Zum mindesten sollen die Eiseneinlagen immer in Portlandzementmörtel eingehüllt sein, da nur dieser das Eisen wirksam gegen Rost und Feuer zu schützen imstande ist, während sowohl Kalkmörtel als auch, wenn auch in geringerem Masse, Gipsmörtel das Eisen angreifen.

Sowohl die Anordnung der Eiseneinlagen wie die Berechnungen erfolgen nach denselben Gesichtspunkten wie bei Eisenbetonkonstruktionen. Die zulässigen Beanspruchungen der Steine richten sich natürlich nach deren Festigkeit. Das Elastizitätsmafs der Steine kann durchschnittlich zu 80000 angenommen werden, so dass das Verhältnis der Elastizitätsmafs des Eisens und der Steine  $n = 25$ <sup>1)</sup> wird.

<sup>1)</sup> Der Eisenbeton in Theorie und Konstruktion. Dr. Ing. Rudolf Salinger. Stuttgart 1906.

Steinkonstruktionen mit Eiseneinlage finden namentlich für Decken, flache Dächer, Treppen sowie für Wände Anwendung. Die hierher gehörenden Decken werden meist zwischen eisernen Trägern konstruiert. Die Anwendung dieser Bauweise kann in dem Mangel oder hohen Preise geeigneter Baustoffe für den Beton begründet sein. Die für Decken, Flachdächer und Treppen in der Regel auch erforderlichen Schalungen brauchen nur tragfähig zu sein; erfordern aber nicht die für Eisenbetonbauausführungen nötige Sorgfalt der Herstellung und grössere Stärke, die Eisenbetonschalungen wegen der Erschütterungen, denen sie beim Einstampfen des Betons ausgesetzt sind, erhalten müssen. Bei Wandkonstruktionen aus Stein mit Eiseneinlage fallen die Schalungen überhaupt fort.

In manchen Fällen kann auch der Wegfall der durch den Eisenbetonbau bedingten Erschütterungen die Wahl auf die in Rede stehende Bauweise lenken.

### Steindecken mit Eiseneinlage.

Kleine'sche Decke. Von Steindecken mit Eiseneinlage hat die seit 15 Jahren eingeführte und durch verschiedene Patente<sup>1)</sup> geschützte Kleine'sche Decke (Fig. 284 bis 286) die grösste Verbreitung erfahren und sich für die verschiedensten Zwecke vorzüglich bewährt. Zu ihrer Herstellung eignen sich die meisten künstlichen Steine. Es finden daher sowohl Voll- und Hohlziegel

(Fig. 289) von Normalformat als auch porige Lochziegel oder Schwemmsteine (Fig. 288) von anderen Abmessungen Verwendung. Die Kleineschen Decken bilden horizontale Platten, welche die Träger,

welche die Träger, zwischen denen sie meist konstruiert sind, nur in senkrechter Richtung belasten. Die gebrauchten Lochsteine haben meist Abmessungen von  $10 \cdot 15 \cdot 25$  cm, Schwemmsteine solche von  $10 \cdot 12 \cdot 25$  cm. Je nach der Grösse der Belastung und der Entfernung der Träger liegen die Steine flachseitig, hochkantig oder flachseitig mit dazwischen geschalteten Verstärkungsrippen

Fig. 284.

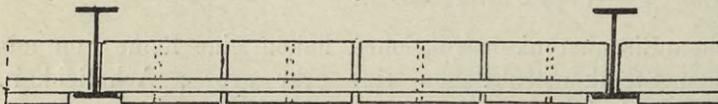


Fig. 285.

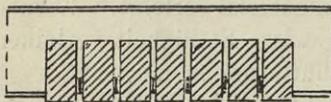
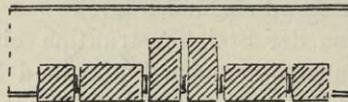
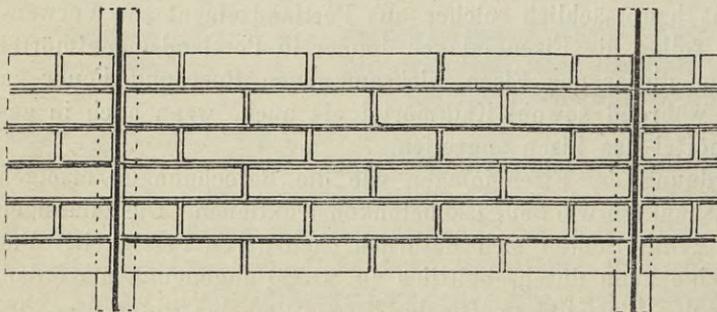


Fig. 286.



Die gebrauchten Lochsteine haben meist Abmessungen von  $10 \cdot 15 \cdot 25$  cm,

Fig. 287.



(Fig. 286), die aus hochkantig gestellten Steinen gebildet werden. Zur Herstellung verwendet man Zementmörtel oder Zementkalkmörtel (1:1:5).

<sup>1)</sup> D. R. P. 71102, 75238, 81123, 80653.

Die parallel mit den Trägern laufenden Fugen sind gegenseitig versetzt. Rechtwinklig dazu gehen die Fugen von Träger zu Träger durch. In die letztgenannten Fugen sind hochkantig gestellte Bandeisen von  $25 \times 1$  bis  $35 \times 2$  mm Stärke ziemlich nahe an der Unterkante der Steine eingebettet (Fig. 287).

Die ganze Deckenplatte ruht auf den unteren oder oberen Trägerflanschen, oder sie kann auch eine mittlere Lage erhalten, so dass ihre Oberfläche etwas höher als die Oberflansche der Träger zu liegen kommt.

Im erstenen Falle ruhen die Bandeisen auf den Trägerunterflanschen. Die Platte wird von unten verputzt. Dieser Putz hüllt auch die mit einem Draht-

gewebe umgebenen Unterflanschen ein und schützt sie so gegen Rost und gegen den Angriff des Feuers (Fig. 290). Dieser Schutz kann auch durch besondere Formsteine (Fig. 291)

erfolgen, welche die Unterflansche einschliessen. Hat die Deckenplatte eine höhere Lage, so ruhen die Bandeisen auf dem Oberflansch oder auf Betonklötzen, die auf den Unterflanschen aufbetoniert sind (Figur 292). Auch in diesen Fällen kann man die freiliegenden Teile der Träger durch Umstampingung mit Beton oder Ummauerung mit möglichst feuerfesten Ziegeln und dergl. schützen (Fig. 293).

Das Eigengewicht dieser Deckenplatte beträgt bei 10 cm starken Schwemmsteinen etwa 85 kg und steigt bis auf 192 kg bei 12 cm starken Decken

aus gewöhnlichen Ziegeln. Der Preis für 1 qm Deckenplatte stellt sich je nach Stärke, Spannweite und Belastung auf 3 bis 5 Mk.

In Berlin sind je nach den zur Verwendung kommenden Steinen, nach der Stärke der Platte und nach der Benutzung der darüberliegenden Räume folgende Spannweiten zugelassen:

Fig. 288.

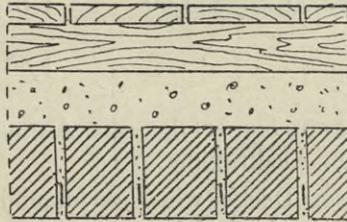


Fig. 289.



Fig. 290.

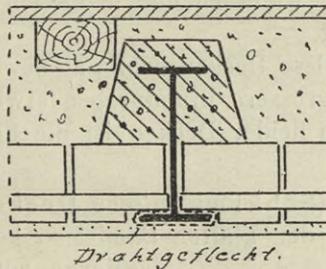


Fig. 291.

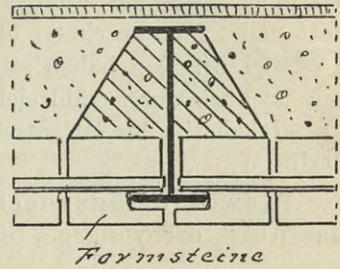


Fig. 292.

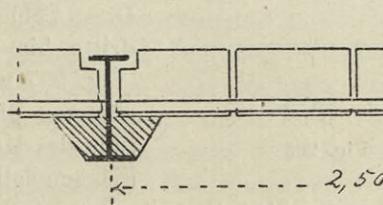
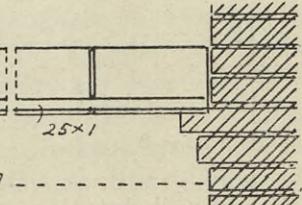


Fig. 293.



Benutzung der Räume	Deckenplatten aus porigen Lochsteinen		Deckenplatten aus Vollziegeln von Normalformat	
	15 cm stark	10 cm stark	1/2 Stein stark	1/4 Stein mit 1/2 Stein starken Ver- stärkungsrippen
	m	m	m	m
Wohngebäude . . . . .	2,85	1,90	2,40	1,95
Geschäfts-, Lager- und Fabrik- gebäude sowie Treppen . .	2,05	1,60	1,75	1,40
Unterkellerte Höfe und Durch- fahrten . . . . .	—	—	1,50	—

Bei gemauerten Umfassungswänden erfolgt die Auflagerung der Deckenplatte auf einer etwa 5 cm breiten Auskragung.

Die Herstellung sowohl dieser Decke wie der folgenden sogen. Gewölbeträgerdecke oder Schürmann'schen Decke erfolgt auf einer festen Schalung, die durch einfache Hängeeisen an den Trägern aufgehängt werden kann.

Besondere Sorgfalt ist der guten und innigen Einbettung der Bandeisen in den Zementmörtel der Fugen zuzuwenden. Nur bei allseitiger lückenloser Umschliessung der Einlageisen durch den Mörtel wirkt die Konstruktion ähnlich wie eine solche aus Eisenbeton, wie auch nur in diesem Falle das Eisen gegen Rost und Feuer geschützt bleibt.

Bei Bränden haben sich diese Decken sehr gut bewährt. Ihre Feuersicherheit ist auch durch zahlreiche grössere Brandproben erwiesen worden.

Inhaberin der Patentrechte beider Decken ist die Firma Kleine & Stapf in Berlin W.

Gewölbeträgerdecke (Schürmann'sche Decke). Diese Decke bildet eine Abart der vorigen. Statt der glatten Bandeisen kommen hier Wellblech-

schiennen von  $1,25 \times 60$  mm Querschnitt zur Verwendung, welche abwechselnd nach rechts und links mit birnenförmigen Ausbauchungen versehen sind (Fig. 294 bis 296). Diese Schienen werden nur in jede dritte bis fünfte Fuge eingebettet (Fig. 297 und 298). Die Ausbauchungen dienen zur besseren Haftung des Mörtels, und ihre schrägen Flächen sollen den zwischen je zwei

Fig. 294.

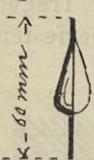


Fig. 295.

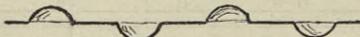
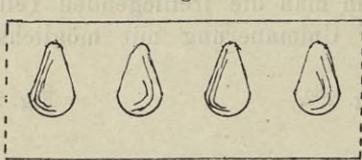


Fig. 296.

Schienen nach Art eines scheidrechten Gewölbes angeordneten Steinen als Widerlager dienen. Auch diese Deckenkonstruktion ist durch D. R. P. 80653 geschützt.

Fig. 297.

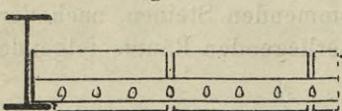
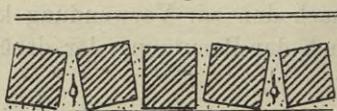


Fig. 298.



Zur Herstellung dienen gewöhnliche Normalsteine, poröse Steine, Loch- oder Schwemmsteine. Für gewöhn-

liche Belastungen wendet man diese Decke für Trägerentfernungen bis zu etwa 2 m an. Der Preis der Deckenplatte beträgt wie bei der vorigen 3 bis 5 Mark.

Decken in Moniermauerung. Sie zeigen die grösste Aehnlichkeit mit den Kleine'schen Decken. Als Einlagen dienen Rundeisen oder kleine  $\perp$ -Eisen. Wegen ihrer leichten und einfachen Ausführung und wegen ihrer Billigkeit eignen sie sich besonders für Wohnhausbauten und nicht erhebliche Spannweiten (Fig. 299 bis 302).

Fig. 299.

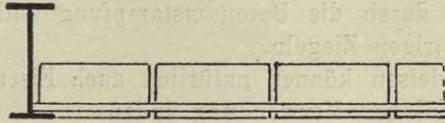
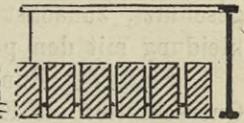


Fig. 300.



Försterdecken mit Eiseneinlage. Die Försterdecke besteht aus quer zu den

Fig. 301.

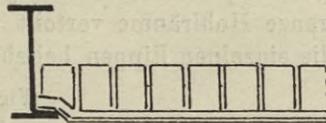
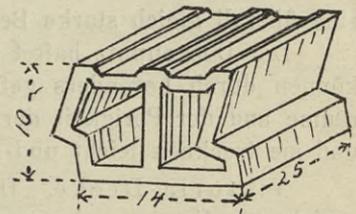


Fig. 302.



Trägern vermauerten, porig gebrannten Lochsteinen, welche nach Fig. 303 in der oberen und unteren Hälfte entgegengesetzte Widerlager aufweisen. Die Decke hat ebene Ober- und Unteransicht und eine grosse Tragfähigkeit. Die 10 cm hohen, wegen ihrer Porigkeit sehr leichten Steine, werden auf einer Bretterschalung in halbem Verbands mit Zementmörtel wie gewöhnliches Ziegelpflaster verlegt und nach Fertigstellung wird die Oberfläche mit einem dünnen Zementmörtel übergossen, welcher die etwa im Fugenmörtel verbliebenen Lücken vollständig ausgleicht und die an der Oberfläche der Steine befindlichen Nuten ausfüllt.

Fig. 303.



Für Wohngebäude kann diese Decke bis zu etwa 1,50 m geradlinig, ohne Eiseneinlage, verwendet werden.

Bei der verbesserten Försterdecke mit Betonrippen oder mit Eiseneinlage in Beton ist die Form der Steine nach einem durch deutsches Reichspatent geschützten Verfahren umgestaltet. Die Oberfläche des Steines ist nämlich derart ausgebildet, dass durch einen Hammerschlag mit Leichtigkeit die zwischen den Seitenwänden und dem Mittelsteg befindliche vertiefte Bahn sauber und geradlinig entfernt werden kann, derart, dass je nach Wunsch ein oder zwei Hohlräume oder ein breiter Hohlraum sich bilden lässt, so dass man es in der Hand hat, an beliebigen Stellen beim Vermauern quer zu den Deckenträgern bzw. zu den Auflagern über durchlaufende Hohlräume zu verfügen. Diese Hohlräume, mit Zementmörtel ausgefüllt bzw. ausgestampft, ergeben alsdann Verstärkungsstege, vermöge deren man imstande ist, die Försterdecke auch ohne Eiseneinlagen bis auf etwa 2 m Spannweite zu verlegen. Die Spannweite wird weiter vergrössert bzw. die Tragfähigkeit erhöht, sobald in die vorbeschriebenen Zementrippen vor dem Einstampfen Eisenstäbe eingebettet werden, deren Querschnittsabmessungen nach den Grundsätzen für den Eisenbetonbau zu bestimmen sind (Fig. 304).

Kleinere Räume in Wohngebäuden können durch die Försterdecke mit Eiseneinlage auch ohne Verwendung von Trägern überdeckt werden.

Als Einlage wird fast ausschliesslich Rundeisen verwendet, meist nicht über 12 mm stark, da dieses sich bei grösseren Spaunweiten noch leicht um die oberen Trägerflanschen herumbiegen lässt und so eine gute Verankerung bildet.

Bei dieser Deckenausbildung ist das Eisen in zweifacher Weise gegen Feuer geschützt, zunächst durch die Betonumstampfung und sodann durch die Verkleidung mit den porigen Ziegeln.

Statt der Rundeisen können natürlich auch Eisen von beliebigen anderen Querschnitten als Einlagen Verwendung finden.

Der nach Spannweite und Belastung durch die Rechnung sich für das laufende Meter ergebende Einlageeisenquerschnitt kann je nach Grösse auf einem, zwei oder mehr halbe oder ganze Hohlräume verteilt werden. Ebenso können, je nach der Beanspruchung, die einzelnen Rippen beliebig höher betoniert werden

Fig. 304.

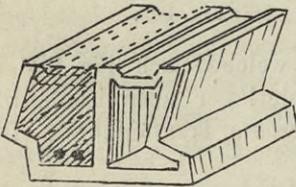
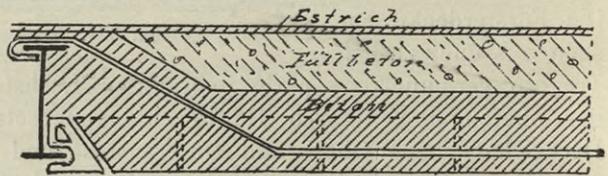


Fig. 305.



als die 10 und 13 cm starken Steine, oder man ordnet über die ganze Steinplatte eine überall gleich starke Betonschicht an (Fig. 305).

Der Deckenputz haftet gut an den Steinen. Die Unterflansche der Träger können durch besonders geformte Steine eingehüllt werden. Wegen der Hohlräume und der Porigkeit der Steine sind diese Decken fusswarm und schalldicht und sie trocknen leicht und schnell aus.

Viktoria-Decke. Diese Decke erhält in den senkrecht zu den Trägern gerichteten Fugen nach oben gebogene Spanneisen (D. R. P. 81135), sowie nach unten gebogene Hangeisen (D. R. P. 82941) eingebettet. Die Einlageeisen sind Rund- oder Flacheisen. Als Mörtel verwendet man solchen aus Portlandzement.

Die Viktoriadecke kommt in drei Formen zur Ausführung. Bei der ersten Form werden in die Fugen nur nach oben gekrümmte Spanneisen eingebettet (Fig. 306 und 307). Bei der zweiten Form erhalten die Fugen abwechselnd nach oben gekrümmte Spanneisen und nach unten gebogene Hangeisen (Fig. 308 und 309). Endlich werden bei der dritten Form in jede Fuge Eisen eingebettet, welche in einem

Fig. 306.

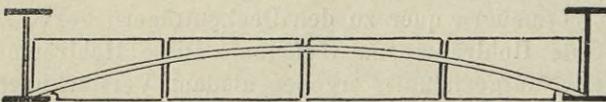
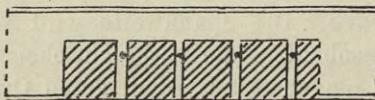


Fig. 307.



Zuge nach oben und unten gebogen sind und daher in einem Stück ein Hang- und Spanneisen in sich vereinigen. In letzterer Weise wird die Viktoriadecke in denjenigen Fällen ausgeführt, wo grosse Spannweiten und ausser-

gewöhnlich hohe Beanspruchungen vorhanden sind (Fig. 310 und 311).

Die Decke besitzt hohe Tragfähigkeit und ist einfach und billig herzustellen. Soll sie den Schall möglichst wenig hindurchlassen, so verwendet man statt der gewöhnlichen Ziegel Schwemmsteine, poröse Ziegel oder Lochsteine und wählt dann auch zur oberen Verfüllung ein schalldämpfendes Material.

Für die eigentliche Deckenplatte reichen folgende Stärken aus:

1. bei hartgebrannten Steinen und bei Wohnhausbelastungen  $\frac{1}{30}$  der Spannweite;

2. bei Schwemmsteinen und bei Wohnhausbelastungen  $\frac{1}{25}$  der Spannweite;

3. bei hartgebrannten Steinen und bei aussergewöhnlichen Belastungen  $\frac{1}{25}$  der Spannweite;

4. bei Schwemmsteinen und bei aussergewöhnlichen Belastungen  $\frac{1}{20}$  der Spannweite.

Für die gewöhnlichen Spannweiten, also bis zu 1,50 m, genügt es, die Viktoriadecke, je nach der Belastung, in flachen oder hochkantigen Steinlagen, also bei Schwemmsteinen in Stärken von 10 und 12 oder bei Ziegelsteinen in Stärken von 6,5 und 12 cm, ausschliesslich Putz, auszuführen. Erforderlichenfalls kann man eine Erhöhung der Tragfähigkeit durch Anordnung von Verstärkungsrippen herbeiführen.

Um das Eisen der Träger in ihrem Unterflansch völlig gegen Rost und Feuer zu schützen, kann man wie bei der Kleine'schen Decke die Unterkante der Deckenplatte etwas tiefer legen als die Trägerunterkante und den Unterflansch mit Drahtgewebe und Putz einhüllen. Ebenso kann man Formsteine zur Umhüllung der Eisenträger anwenden. Bei Verwendung von Hangeisen kann man hierbei die Unterkante der Platte beliebig tief senken.

Das Gewicht für das Quadratmeter Viktoria-Deckenplatte aus Schwemmsteinen oder porösen Lochsteinen beträgt bis 10 cm Stärke 90 kg, bei 12 cm Stärke 108 kg.

Für die Gewichte der fertigen Konstruktion ergibt sich nachfolgende Tabelle.

Konstruktionsart	Eigengewicht kg/qm	Nutzlast kg/qm	Gesamtgewicht kg/qm
Schwemmsteindecke (auch für poröse und Lochsteine gültig), 10 cm dick mit Putz und Holzfussboden für Wohnhäuser .	200	250	450

Fig. 308.

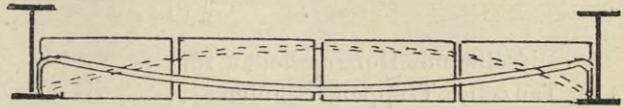


Fig. 309.

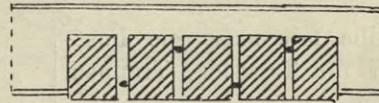


Fig. 310.

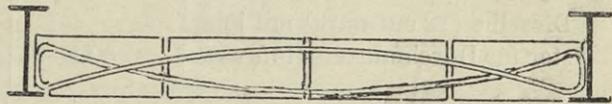
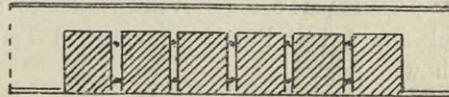


Fig. 311.



Konstruktionsart	Eigengewicht kg/qm	Nutzlast kg/qm	Gesamtgewicht kg/qm
Dieselbe mit massivem Fussboden für Wohnhäuser . . . .	280	250	530
Dieselbe mit Holzfussboden für Tanzsäle, Treppen, Schulen .	200	400	600
Dieselbe mit massivem Fussboden für Tanzsäle, Treppen, Schulen . . . . .	280	400	680
Dieselbe (12 cm stark) mit Holzfussboden für Fabriken, Speicher und ähnliche Gebäude . . . .	250	500	750
Dieselbe (12 cm stark) mit massivem Fussboden für Fabriken, Speicher und ähnliche Gebäude	320	500	820
Dieselbe (12 cm stark) mit Pflaster für Durchfahrten, Höfe usw.	300	700	1000

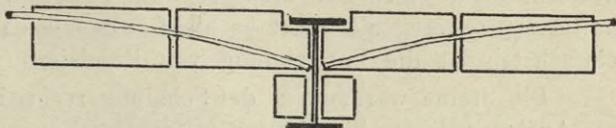
Die Spannweiten der Viktoriadecke aus Schwemmstein bei Verwendung von Mörtel aus 1 Teil Portlandzement, 1 Teil Kalk und 5 bis 6 Teilen Sand ergeben sich wie folgt:

Stärke der Platte ohne Putz cm	Entfernung der Rundeisen cm	Spannweite in m bei einer gleichmässig ver- teilten Belastung kg/qm:						
		400 m	480 m	550 m	630 m	750 m	820 m	1000 m
10	13 (Stärke 6 mm)	2,00	1,80	1,70	1,50	—	—	—
12	11 (Stärke 6 mm)	2,40	2,20	2,10	1,85	1,75	1,65	1,20

Auch bei der Viktoriadecke kann die Platte statt auf den Unterflansch beliebig höher gelegt werden. Namentlich bei hohen Trägerprofilen wird die Platte oft so angeordnet, dass sie den oberen Flansch um einige Zentimeter überragt. Auf diese Weise wird die Rissebildung unmittelbar oberhalb des Trägers bei einem massiven Fussboden, z. B. in Form eines Zementbodens, vermieden. Der untere Teil des Trägers kann dann in der bekannten Weise wieder durch Umkleidung mit Ziegeln oder Umstämpfung mit Beton gegen Rost und Feuer geschützt werden.

Bei der höheren Anordnung der Deckenplatte erhält diese ihr Auflager auf Ziegeln, die auf den Unterflansch aufgemauert werden (Fig. 312) oder auch auf kleinen Winkeleisen, welche man an den Steg des Trägers nietet. Unten wird dann oft eine leichte Deckenverkleidung angebracht, die als leichte Monier- oder Rabitzdecke oder auch als leichte Viktoriaplatte aus Schwemmsteinen, porösen Steinen und Lochsteinen oder auch aus Korksteinen hergestellt werden kann.

Fig. 312.



Solche Doppeldecken eignen sich auch namentlich zur Herstellung flacher Dächer.

Auch zur Ausbildung massiver Treppen empfiehlt sich die Viktoriadecke wegen ihrer Elastizität, Tragfähigkeit und Leichtigkeit.

Die Wirkung der Einlagen und die Art der Beanspruchung sind bei der Viktoriadecke ähnlich wie bei einer mit doppelten Einlagen versehenen Eisenbetondecke (Fig. 5 und 6, Taf. III). Die Spanneisen, welche annähernd in der Stützzlinie des scheinrechten Gewölbes liegen, werden auf Druck beansprucht. Da die Decke durch diese Spanneisen auch wie ein Gewölbe wirkt, so müssen die Endfelder, falls nicht genügend starke Widerlager vorhanden sind, verankert werden (D. R. P. 81135).

Werden nach der Patentschrift Nr. 82941 ausser den nach oben gebogenen Spanneisen noch nach unten gebogene Eisen abwechselnd mit jenen in die Reihenlugen eingebettet, wobei die nach unten gebogenen Eisen annähernd der theoretischen Begrenzungslinie eines gleichmäfsig belasteten Balkens von gleichbleibender Breite und gleicher stabiler Festigkeit folgen, so besteht eine so ausgeführte Decke gewissermassen in einer Aufreihung von zwei ganz verschiedenen, miteinander abwechselnden Elementen, einmal einem Streifen eines scheinrechten Gewölbes mit Eiseneinlage nach der Form der Stützzlinie und einmal einem Steinbalken mit Eiseneinlage parallel zu seiner theoretischen unteren Begrenzungslinie. Wegen der innigen Verbindung beider Elemente, die bei Verwendung von Zementmörtel eintritt, werden in einer solchen kombinierten Viktoriadecke alle Druck- und Zugspannungen ausgeglichen, so dass sie wie eine einheitliche Platte auf die Auflager nur senkrechten Druck, aber weder Schub noch Zug überträgt. Sie bedarf daher keiner Verankerungen oder Widerlager.

Zur Herstellung der Decke wird unter den Trägern oder zwischen den Mauern eine möglichst unnachgiebige Schalung angebracht, welche sich beim Begehen nicht bewegen darf. Die Schalbretter brauchen weder behobelt noch besäumt zu sein. Jedes Gerüstbrett lässt sich zum Einschalen verwenden. Die Bretter können in Abständen von mehreren Zentimetern verlegt werden.

Ausser den bereits genannten Steinen lassen sich auch Zementschlackensteine und dergl. zur Herstellung dieser Decken verwenden. Die Steine müssen nur eine genügende Festigkeit besitzen und eine gute Verbindung mit dem Zementmörtel eingehen.

Zum Mauern der Decke ist Zementmörtel, bestehend aus 1 Teil Portlandzement und 3 Teilen Sand, oder bei geringerer Beanspruchung der Decke verlängerter Zementmörtel, je nach Spannweite und Belastung, aus 1 Teil Zement,

$\frac{1}{2}$  Teil Kalk und 4 Teilen reinen scharfen Sand oder 1 Teil Zement, 1 Teil Kalk und 6 Teilen reinen scharfen Sand zu verwenden. Als Kalkzusatz ist der hydraulische Kalk (Wasserkalk) bedeutend vorzuziehen.

Wie bei Eisenbetonkonstruktionen darf das als Einlage verwendete Rund-, Quadrat- oder Flacheisen nicht schmutzig oder fettig oder mit losem Rost behaftet sein; dagegen schadet es nicht, wenn das Eisen etwas angerostet ist. Am einfachsten ist die Verwendung von Rundeisen von 6 bis 8 mm Durchmesser.

Die Steine werden auf der Schalung rechtwinklig zu den Trägern oder den als Auflager dienenden Mauern mit vollen Fugen in regelrechtem Verbandsmauert.

Die Spanneisen sollen sich fest gegen den Steg des Trägers bzw. gegen die Mauer spannen. Wenn die Decke zwischen Mauern liegt, werden die Enden der Eisen umgebogen, damit sie sich nicht in die Mauerfugen eindrücken. Der höchste Punkt der Spanneisen soll etwa 2 cm unter Deckenoberkante liegen. Das Hangeisen lässt man seitlich möglichst hoch innerhalb der Decke gegen die Träger stossen. Nach unten bleibt dasselbe etwa 1 cm von der Schalung entfernt. Die gegen den Träger oder gegen die Mauer stossenden Enden biegt man um.

Ist eine Eiseneinlage vor die zuletzt gemauerte Schicht gelegt, so mauert man in vollem Mörtel mit wechselnden Fugen die zweite Schicht an, legt wieder ein Eisen ein usw. Die Eiseneinlagen müssen natürlich auch hier nach allen Seiten völlig vom Mörtel umgeben sein. Sobald einige Quadratmeter Decke gemauert sind, werden die Fugen von oben mit dünnflüssigem Mörtel vergossen. Bei grosser Hitze ist es vorteilhaft, wenn man die fertig gestellten Decken noch eine Zeitlang täglich anfeuchtet.

Zur Herstellung eines Quadratmeter Viktoriadecke ist beispielsweise erforderlich:

Für eine 10 cm starke Decke aus Schwemmsteinen: 32 Schwemmsteine ( $10 \times 12 \times 25$  cm), 24 l Mörtel und 9 lfd. m Eisen;

für eine 12 cm starke Decke aus Normal-Ziegelsteinen: 52 Steine ( $6,5 \times 12 \times 25$  cm), 40 l Mörtel und 15 lfd. m Eisen.

Bei Spannweiten bis 1,50 m legt man in eine Fuge ein Spanneisen und in die nächste Fuge ein Hangeisen.

Bei Spannweiten über 1,50 m legt man in eine Fuge ein Spanneisen und in die nächsten beiden Fugen je ein Hangeisen.

Sollen Decken von Spannweiten über 2,5 m für gewöhnliche Belastungen oder Decken über 2,0 m für sehr bedeutende Belastungen hergestellt werden, so ist ein Stein zu wählen, welcher die genügende Druckfestigkeit besitzt. Hohlziegel sind hier nicht brauchbar. Der Mörtel muss mindestens aus 1 Teil Zement und 3 Teilen Sand bestehen. Statt der Rundeisen gebraucht man als Einlagen dann Flacheisen, denn erstere sind zweckmässig nur bis 8 mm Durchmesser anwendbar, da darüber hinaus die Fugen zu gross werden. Den Flacheisen von  $1\frac{1}{2} \times 30$  bis  $3 \times 40$  mm Querschnitt gibt man mittels Streckung der einen Kante durch Hammerschläge in einfacher Weise die nötige Biegung. Bei grosser Beanspruchung wähle man möglichst hohe Bandeisen. Durch eine mehr oder minder starke Betonschüttung wird die Stabilität der Decke bedeutend erhöht.

Erfinder der Decke ist der Baumeister Weyhe in Bremen, Patentinhaber ist Carl B. T. Wilkens bzw. die Hansa (G. m. b. H.) (Wilkens und Ruhl) in Bremen.

**Eggert-Decken.** Auch diese Decken sind nach den Grundsätzen der Eisenbetonkonstruktionen hergestellt. Sie eignen sich auch für grössere Spannweiten und besitzen noch den Vorteil, dass man bei ihrer Verwendung keine eisernen Träger gebraucht. Die den Zug aufnehmenden Eisenstäbe sind an den Enden aufwärts gebogen und zur besseren Verankerung hakenförmig umgebogen.

Die Decken werden in sehr verschiedener Weise ausgeführt. Die untere Schicht besteht aus Schlackenbeton oder aus Ziegeln, während die obere, den Druck aufnehmende Schicht aus festerem Kiesbeton hergestellt wird. Diese obere Schicht wird nach Figur 313 und 314 mit dem Mauerwerk der Umfassungswände verankert.

Eine andere Weise der Herstellung verwendet nur hochkantig gestellte Ziegelsteine.

Zur sicheren Verankerung der umgebogenen Enden der meist aus Rundeisen bestehenden Einlagestäbe sind an den betreffenden Stellen die Ziegel durch Betonausstampfunen ersetzt.

Für grössere Weiten werden diese Decken auch als Rippendecken ausgeführt.

Im übrigen konstruiert man diese Platten als frei aufliegend oder einseitig oder beiderseits eingespannt, wobei die Eiseneinlagen je nach der Art des Biegemoments und der Lage der Zugspannungen ihren Platz unten, oben oder abwechselnd unten und oben erhalten.

Für gewöhnliche Wohnhausbelastung genügt bis zu 2 m Spannweite eine Stärke von 8 cm, welche bei Spannweiten bis zu 6 m auf 18 cm steigt.

Inhaberin der Patentrechte ist die Aktiengesellschaft für Betonbau, Diss & Komp. in Düsseldorf.

Weitere Decken mit Eiseneinlagen sind:

Die Körting'schen Decken aus sogenannten Herkules-Formsteinen, D. R. G. M. 113531. Die Decke aus „Omega“-Steinen, D. R. G. M. 112768.

**Anker-Dübel-Decke.** Sie besteht aus tragenden und lastenden Schichten. Erstere besteht aus zwei Reihen von Hohlformsteinen, in deren Zwischenfuge die Rundeisen zur Aufnahme der Zugspannungen eingebettet sind. Die lastenden

Fig. 313.

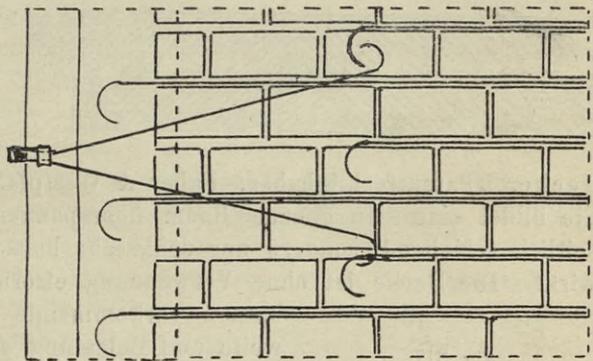
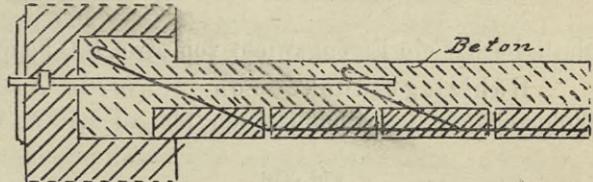
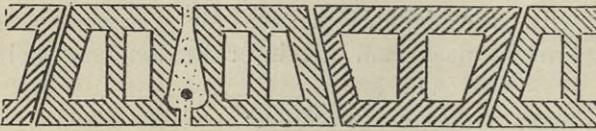


Fig. 314.

Schichten bestehen nur aus einer Reihe von Hohlformsteinen. Die Querschnitte beider Schichten sind trapezförmig. Bei den tragenden Schichten liegt die breitere Seite unten; umgekehrt ist es bei den lastenden Schichten.

Fig. 315.

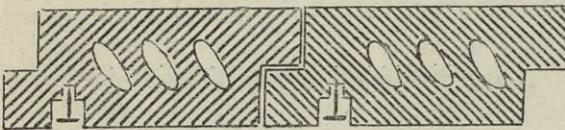


An den Enden werden die Einlagerundeisen vor den Trägerstegen rechtwinklig umgebogen (Fig. 315).

Die eigentliche Deckenplatte besitzt ein Eigengewicht von etwa 100 kg/qm und kostet 3,50 bis 4,50 M/qm.

Hohlziegeldecke von Schmidt & Weimar. Dieselbe findet für Wohngebäude bei Spannweiten bis zu 1,70 m und für Fabriken bis zu 1,20 m

Fig. 316.



Spannweite Verwendung. Die einzelnen Steinreihen werden durch  $\perp$ -Eisen N. P.  $\frac{2}{3}$  getragen. Parallel zu den Eisen greifen die Steine falzartig übereinander (Fig. 316).

Trägerlose Hohlsteindecke. (Patentrechtinhaber: Faber & Westpfahl, G. m. b. H., Berlin SW. 11.) Sie bildet eine den ganzen Raum überspannende Deckenplatte, welche nicht seitlich schiebend, sondern nur senkrecht belastend auf die Umfassungsmauern wirkt. Die Decke ist ohne Verwendung eiserner  $\perp$ -Träger für jede bei Hochbauten vorkommende Spannweite und Belastung ausführbar.

Die Deckenlast wirkt nicht (durch die Auflager von Trägern) auf einzelne Stellen, sondern sie verteilt sich gleichmäßig auf die gesamten Umfassungsmauern der überspannten Räume.

Fig. 317.

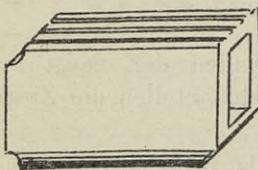
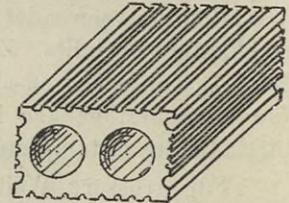


Fig. 318.



Die Decke besteht aus Hohlsteinen mit Nuttenansatz (Fig. 317) oder aus Hohlsteinen mit Hülseverschluss und einer in der Zugzone angeordneten netzartigen Rundeiseneinlage (Fig. 318).

Deckenstärke und Querschnitt der Rundeiseneinlage richten sich nach den Abmessungen und den Belastungen der zu überdeckenden Räume.

Durch die gute Ausnutzung der Festigkeit der Baustoffe, durch die verhältnismäßig grossen Hohlräume in den Steinen und durch die wesentliche Verminderung der Auffüllung sind die trägerlosen Hohlsteindecken leichter als eine sehr grosse Anzahl anderer Deckensysteme.

Der die Eiseneinlage gänzlich umhüllende Zementgussmörtel schützt nicht nur das Eisen vor Rost, sondern verleiht der Decke auch eine grosse Feuer-sicherheit.

Zur Herstellung der Decke ist eine Schalung aus besäumten 3 cm starken Brettern erforderlich. Beim Auslegen der Steine fängt man mit einer Querreihe,

und zwar auf der kurzen Seite des zu überdeckenden Raumes an. Die Löcher der ersten Reihe Steine, welche zunächst auf die Wand zu liegen kommen, können vorher mit Zementmörtel ausgefüllt werden, um sie gegen Abscheren widerstandsfähiger zu machen. Nachdem die erste Reihe Steine verlegt ist, wird das erste Rundeisen eingelegt und durch untergeschobene Ziegelstückchen in einer Entfernung von etwa 8 mm von der Schalung gehalten. Es ist dies deshalb notwendig, weil das Eisen beim späteren Vergiessen der Decke gut in den Zementmörtel eingebettet werden soll. Die zweite Reihe Steine wird nun an die erste gelegt, wobei auf ein möglichst inniges Berühren der Stirnwände zu achten ist. Alsdann wird das zweite Rundeisen verlegt, dem die dritte Steinreihe usw. folgt.

Nachdem die zu bedeckende Fläche so belegt wurde, werden nun auch die Längseisen in die Längsfugen eingelegt, womit ein vollständiges Netz, in welchem die Steine eingebettet ruhen, hergestellt wird.

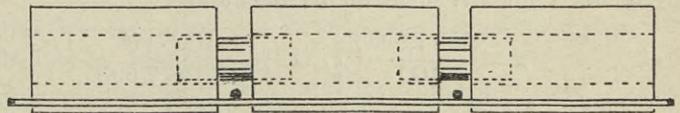
Hierauf werden die Steine gut angehäst, und das Ganze wird mit flüssigem Zementmörtel in einem Mischungsverhältnis von 1:3 (bis 1:4) vergossen. Dabei ist zu beachten, dass die etwa 3 cm breiten Längsfugen von dem Mörtel gut ausgefüllt und somit die Eisenstäbe völlig mit Zementguss umgeben werden.

Während des Abbindens und ersten Erhärtens muss die Decke einige Tage feucht gehalten werden. Nach Verlauf von 2 Wochen kann die Schalung entfernt werden. Bei grösseren Decken empfiehlt es sich, dieselben bis 3 Wochen auf der Verschalung stehen zu lassen.

Mehrfache von der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg vorgenommene Probelastungen erwiesen eine hohe Tragfähigkeit dieser Decken. Beispielsweise zeigte eine Probendecke von  $5 \times 4$  m mit kreuzweisen Rundeiseneinlagen von 13 bzw. 16 mm Durchmesser bei Verwendung von Mörtel aus 1 Raumteil Vorwohler Portlandzement und 2 Raumteilen Sand, deren Oberfläche mit einer etwa 3 cm dicken Mörtelschicht überzogen war, bei etwa 25000 kg gleichmäÙig verteilter Belastung erst eine Durchbiegung von 1 mm in der Mitte. Erst bei über 86000 kg Belastung erfolgte nach 2 Stunden der Bruch.

Drei „trägerlose Hohlsteindecken mit Hülsenverschluss“ hatten eine Spannweite von  $6 \times 5$  m. Die unteren Rundeisenstäbe hatten 1,6 cm Durchmesser. Die in der Fuge aufeinanderstossenden Löcher der Steine waren gegen das Einlaufen des Mörtels durch eingesteckte Papprollchen geschützt (Fig. 319). Der Mörtel bestand aus 1 Raumteil Portlandzement und 3 Raumteilen scharfem Sande. In die Quersfugen wurden ebenfalls Rundeisen oben eingebettet. Beispielsweise wurden bei Decke 2 in den Mörtel der 9 mittleren Fugen

Fig. 319.



9 Eisenstäbe von 1,6 cm Durchmesser und 100 cm Länge längs und quer von den 4 Deckenkanten ausgehend eingelegt. Oben wurden die Decken mit derselben Mörtelmischung etwa 3 cm dick abgeglichen. Oben wurden 1 m hohe Wände aufgemauert oder die Enden der Eisenstäbe wurden zu Oesen umgebogen, durch welche Rundeisensplinte gesteckt wurden. Die Dicke der Decke betrug 18 cm.

Es wurde eine Fläche von 1 qm Grösse in der Mitte der Decken belastet. Bei einer Last von 3430 bis 4650 kg zeigten sich Durchbiegungen von 2 bis 3 mm. Erst bei Belastungen von 18420 bis 21810 kg erfolgte so grosses langsames, stetiges Durchbiegen, dass die Last schliesslich unten zum Aufsitzen kam. Die ersten Risse waren bei Decke 2 erst bei 17180 kg Belastung bemerkbar.

Von letztgenannten Decken wurden 10 Rundeisenstabenden von 1,4 cm Durchmesser in 10 Hohlsteine rund 25 cm tief mit Zementmörtel 1:3 eingebettet. Das Königliche Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlin in Gross-Lichterfelde West ermittelte als Durchschnitt von je 5 Proben eine Haftfestigkeit des Eisens am Mörtel von 39,9 kg/qcm nach 4 Wochen und von 40,9 kg/qcm nach 8 Wochen.

Ueber die Prüfung einer „trägerlosen Hohlsteindecke“ in Allenstein heisst es in einem hierüber ausgestellten Zeugnis des dortigen Stadtbauamts unter anderem;

„Die Raumdimensionen betragen  $5,88 \times 6,00$  m. Bei der statischen Berechnung war für die Lastverteilung nach den beiden Spannweiten die Bedingung zugrunde gelegt, dass die Durchbiegung in der Mitte für beide Richtungen den gleichen Wert ergeben müsse, woraus, wenn mit a und b die beiden Raumdimensionen und mit  $q_a$  und  $q_b$  die in den bezüglichen Richtungen zu tragenden Lastanteile bezeichnet werden, wobei also  $q_a + q_b = q$ , der Gesamtnutzlast pro qm ist, sich die Gleichungen

$$q_a = \frac{b^4 q}{a^4 + b^4} \text{ und}$$

$$q_b = \frac{a^4 q}{a^4 + b^4}$$

ergeben.

Hiernach betrug:

$$q_{5,88} = \frac{6,00^4 \cdot q}{5,88^4 + 6,00^4} = 0,52 q \text{ und}$$

$$q_{6,00} = \frac{5,88^4 \cdot q}{5,88^4 + 6,00^4} = 0,48 q.$$

Bei einer Eigenlast  $g = 250$  kg/qm und einer Nutzlast  $p = 250$  kg/qm betrug also  $q = 500$  kg/qm, woraus  $q_{5,88} = 500 \cdot 0,52 = 260$  und  $q_{6,00} = 500 \cdot 0,48 = 260$  kg/qm folgte.

Nach den „Bestimmungen“ ergab sich bei  $h = 18$  cm Deckenstärke und 1 cm unterer Umhüllung der Eiseneinlagen für die in beiden Richtungen verwendeten 5 Rundeisen von 14 mm Durchmesser = 7,693 qcm pro 1 m Plattenbreite die Lage der neutralen Schicht aus

$$x = \frac{15 \cdot 7,693}{100} \left( \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot (18 - 1)}{15 \cdot 7,693}} - 1 \right) = 5,22 \text{ cm}$$

und daraus für die Spannweite von 6,00 m, bei dem Wert des Angriffsmoments

$$M = \frac{240 \cdot 6,00^2 \cdot 100}{8} = 108000 \text{ kg/cm,}$$

die Eisenbeanspruchung

$$\sigma_e = \frac{108000}{7,693(18 - 1 - 1,74)} = 921 \text{ kg/qcm}$$

und für die Spannweite 5,88 m bei dem Wert des Angriffsmoments

$$M = \frac{260 \cdot 5,88^2 \cdot 100}{8} = 112367 \text{ kg/cm,}$$

die Eisenbeanspruchung

$$\sigma_e = \frac{112367}{7,693(18 - 1 - 1,74)} = 957 \text{ kg/qcm.}$$

Die Beanspruchung des Steinmaterials folgte nach der Bach'schen Formel für rechteckige Platten zu

$$\sigma_s = 0,65 \cdot \frac{5,88^2 \cdot 6,00^2}{5,88^2 + 6,00^2} \cdot \frac{500}{18^2} = 17,7 \text{ kg/qcm.}$$

Für die Belastungsprobe hätte die allseitig aufliegende Deckenplatte über ihre ganze Fläche belastet werden müssen und zwar nach den „Bestimmungen“<sup>1)</sup> mit  $g + 2p = 250 + 500 = 750 \text{ kg/qm}$ . Nun ist nach einer Formel von Bach die maximale Beanspruchung einer rechteckigen allseitig aufliegenden, mit einer Einzellast  $P$  in der Mitte belasteten Platte, deren Abmessungen  $a$  und  $b$  sind

$$\sigma_P = 3 \cdot \frac{a \cdot b \cdot P}{(a^2 + b^2) \cdot h^2},$$

während nach obiger Formel die Beanspruchung infolge gleichmässiger Belastung mit  $q$  pro Quadrateinheit

$$\sigma_q = 0,65 \cdot \frac{a^2 \cdot b^2 \cdot q}{(a^2 + b^2) h^2}$$

beträgt. Hiernach wird die gleiche Beanspruchung durch eine Einzellast im Betrage von

$$P = \frac{a \cdot b \cdot q}{5,33}$$

erzielt. Eine in der Mitte aufzubringende Einzellast musste danach

$$P = \frac{5,88 \cdot 6,00 \cdot 750}{5,33} = \text{rd. } 5000 \text{ kg}$$

betragen. Die Belastung wurde durch einen aufgesetzten Steinpfeiler gebildet, welcher eine Fläche von  $0,64 \times 0,64 \text{ m}$  bedeckte und ein Gewicht von 6323 kg besass. Unterhalb der so belasteten Decke war ein Durchbiegungsmesser aufgestellt worden, an welchem nach vollendeter Belastung eine Durchbiegung unter der Einzellast von 3,6 mm abgelesen wurde. Die Belastung blieb dann eine Stunde lang unberührt stehen, nach deren Verlauf die Durchbiegung bis auf 4 mm zugenommen hatte. Alsdann wurde die Belastung abgetragen; nach gänzlicher Entfernung derselben war die Durchbiegung bis auf 0,6 mm zurückgegangen. Eine schliesslich vorgenommene sorgfältige Besichtigung der wieder entlasteten Decke ergab, dass dieselbe in keiner Weise gelitten hatte.

Hiernach muss bestätigt werden, dass das Resultat der Belastungsprobe als ein durchaus zufriedenstellendes zu bezeichnen ist“.

Zahlreiche andere Untersuchungen haben die Brauchbarkeit und grosse Tragfähigkeit der trägerlosen Hohlsteindecke bestätigt. Dieselbe ist besonders in Wohngebäuden und Schulen viel zur Ausführung gelangt.

Bei Verwendung von Zementestrich, Gips- oder Korkestrich mit Linoleumbelag fällt die Aufschüttung ganz fort, wodurch an Konstruktionshöhe gespart wird.

<sup>1)</sup> Aeltere „Bestimmungen“ vom 16. 4. 1904.

Die kreuzförmigen Eiseneinlagen verhindern jede Rissbildung. Putz haftet an den Unterflächen sehr gut. Infolge der grossen Hohlräume sind die Decken sehr schallsicher und wärmeisolierend.

### Steinwände mit Eiseneinlagen.

Freitragende massive Wände und Verblendwände System Prüss (D. R. P. 113048 und 113077). Die freitragenden massiven Wände dieses Systems bestehen aus einem Netz von wagerecht und senkrecht gespannten Bandeisen, welche ohne Durchdringung in verschiedenen Ebenen nebeneinander laufen. Die gebildeten Felder werden mit Mauersteinen hochkantig, oder mit grösseren Platten ausgemauert, so dass auf der einen Seite der Wand die senkrechten, auf der anderen Seite die wagerechten Bandeisen bündig liegen.

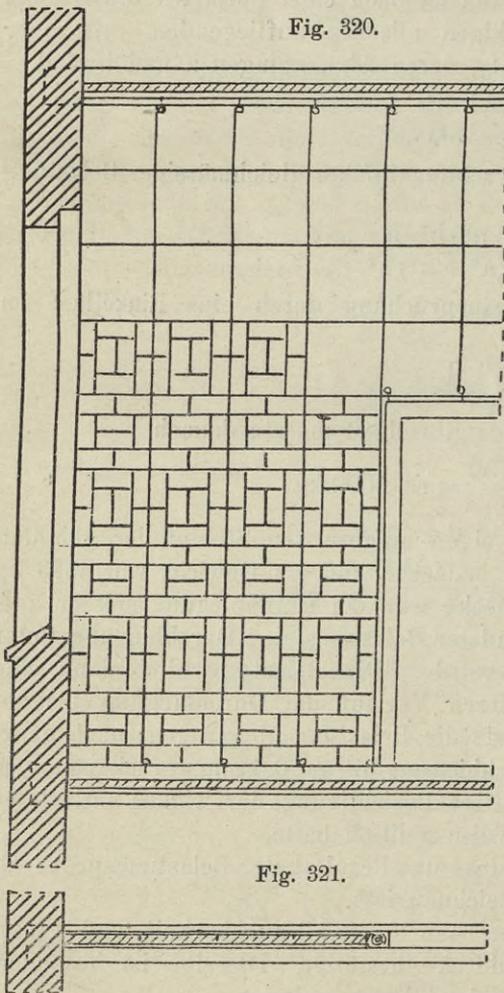


Fig. 320.

Fig. 321.

Soweit die Ausmauerung unmittelbar an das Bandeisen grenzt, ist nur Zementmörtel zu verwenden (Fig. 320 und 321). Behufs Befestigung der Bandeisen werden an deren Enden Hülsen gedreht, durch welche Splinte von Rundeisen gesteckt werden. Letztere werden alsdann vermittels Krammen und Haken an den Balken und Seitenwänden befestigt (Fig. 322 bis 324); oder das Ende wird oben durch das Gewölbe durchgezogen und ein Splint vorgesteckt. Der Abstand der gespannten Bandeisen richtet sich nach dem zur Verwendung kommenden Ausmauerungsmaterial.

Bei Ausmauerung mit Normalziegeln ist der Abstand zweckmässig 51/51 cm, so dass jedes Feld ein Quadrat bildet, welches mit 8 Ziegeln hochkantig ausgemauert wird. Die senkrechten Bandeisen werden zuerst genau eingeteilt, eingelotet und straff gespannt. Das Spannen der wagerechten Bandeisen kann fortschreitend während der Ausmauerung erfolgen.

Die Stärke der Wand beträgt bei Ausmauerung mit Normalziegeln ohne Putz 6,5 cm, mit Putz 9 cm, bei Verwendung von 5 cm starken Ziegeln oder Platten 7,5 cm. Tür-

und Fensteröffnungen werden durch Holzzargen von  $9 \times 9$  cm starken Hölzern eingerahmt und diese mit dem Bandeisen befestigt, hängen daher innig mit der Wand zusammen.

Die zu den Wänden gebrauchten Baustoffe, Eisen, Steine und Zement, ergänzen einer den anderen hinsichtlich ihrer statischen Eigenschaften und bilden, miteinander vereint, einen ausserordentlich widerstandsfähigen, elastischen und doch festen Körper. Namentlich gelangt die Zugfestigkeit des Eisens zur vollen Ausnutzung. Die fertige Wand

bildet in ihrer konstruktiven Gesamtwirkung einen vollständigen Gitterträger und ist in mehrfacher Beziehung als freitragend zu bezeichnen. Die Last ruht nicht ausschliesslich auf ihrer Unterlage, sondern wird durch die senkrechten Eisen auf die Deckenbalken, durch die wagerechten hängebrückenartig auf die Seitenwände übertragen. Die mit ihrer grösseren Querschnitts-abmessung rechtwinklig zur Wandfläche eingebetteten Eisen verhindern gleichzeitig ein seitliches Durchbiegen der Wand.

Bei besonders grossen freitragenden Längen oder schwerem Ausmauerungsmaterial (Klinker, Betonplatten u. dergl.) werden die Bänderisen entsprechend enger gespannt.

Versuchsweise wurden bei einer Wand von 7,80 m Länge

und 3,85 m Höhe mit einer Türöffnung von  $1,30 \times 2,40$  m in der Mitte sowohl die untere als die obere Verbindung gelöst und freigelegt und die unterste Schicht herausgeschlagen, so dass die Wand nur vermittelt der wagerechten Eisen an den begrenzenden Seitenwänden aufgehängt war.

Es hat sich bei diesem Versuch ebensowenig eine Veränderung gezeigt als bei einem anderen, wo die beiden seitlichen und die unterste Verbindung gelöst war, so dass die ganze 4,00 m hohe Wand nur noch frei an den senkrechten Eisen wie ein Vorhang schwebte.

Diese allseitige Verteilung der Last und deren Uebertragung nach oben und nach den Seiten ist besonders wertvoll für innere Scheidewände, welche ohne besondere Unterkonstruktion auf Balkenlagen oder Gewölbe gestellt werden müssen.

Um zu ermöglichen, dass an jeder Stelle der Wand Nägel und Haken eingeschlagen werden können, und zur Erzielung grösserer Schallsicherheit und geringeren Gewichts, ist es zweckmässig, die inneren Wände mit porösen Vollsteinen zu mauern.

Sofern die Ausmauerung des Eisennetzes mit guten wetterbeständigen Ziegeln oder Betonplatten erfolgt, und ein fester Putz ausgeführt wird, eignen sich die

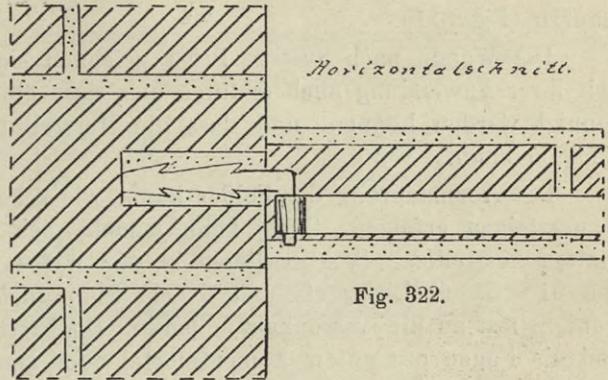


Fig. 322.

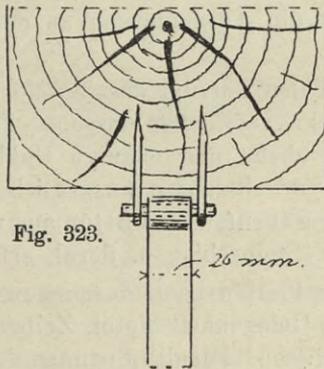


Fig. 323.

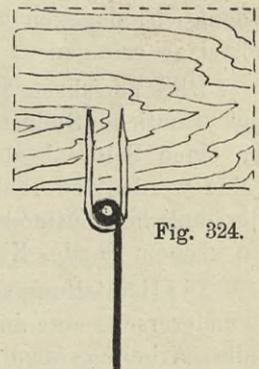


Fig. 324.

Wände ebensogut zu Aussenwänden, zumal als einseitige Aussenbekleidung von Fachwerksgebäuden. Für Wohngebäude und Ställe verwendet man Doppelwände mit eingeschlossener isolierender Luftschicht.

Eine weitere Verwendung der freitragenden Wände bezieht sich auf die Ausführung von Verblendmauern und freistehenden Grenzwänden oder Gartenmauern (Fig. 331).

Die Wände nach System Prüss zeichnen sich ausser durch die Vielseitigkeit ihrer Anwendung auch dadurch aus, dass die verschiedensten Baustoffe ausgenutzt werden können, und dass die Herstellung durch gewöhnliche Arbeiter erfolgen kann.

Die Ausmauerung der Felder kann, wie schon oben erwähnt, mit einzelnen Mauersteinen erfolgen. Man kann jedoch auch aus denselben zuvor grössere Platten herstellen. Dies geschieht in der Weise, dass in einem Lattenrahmen von  $51 \times 51$  cm Lichtmass und 6,5 cm Höhe acht Steine trocken hineingelegt werden, fest an die Aussenkanten heran. Die Steine werden alsdann gut genässt und die Fugen mit gutem Zementmörtel oder auch mit Gipsmörtel ausgegossen. Für die inneren Fugen ist bei trockenen Wänden die Anwendung von Gips unbedenklich, dagegen hat die Ausmauerung an den Bandeisen stets mit Zementmörtel zu erfolgen.

Dies Verfahren hat den Vorzug, dass an Mörtel gespart wird und dass sich auch sämtliche Steinstücke verwenden lassen. Ferner werden die Platten auf der einen Seite absolut eben, und etwaige Ungleichheiten in der Grösse der Steine werden innerhalb des Rahmens ausgeglichen. Die Herstellung derartiger oder ähnlicher Platten kann ebenfalls mit Beton aus den verschiedensten Mischungen von grobem Sande, Kies, Steinschlag u. dergl. erfolgen.

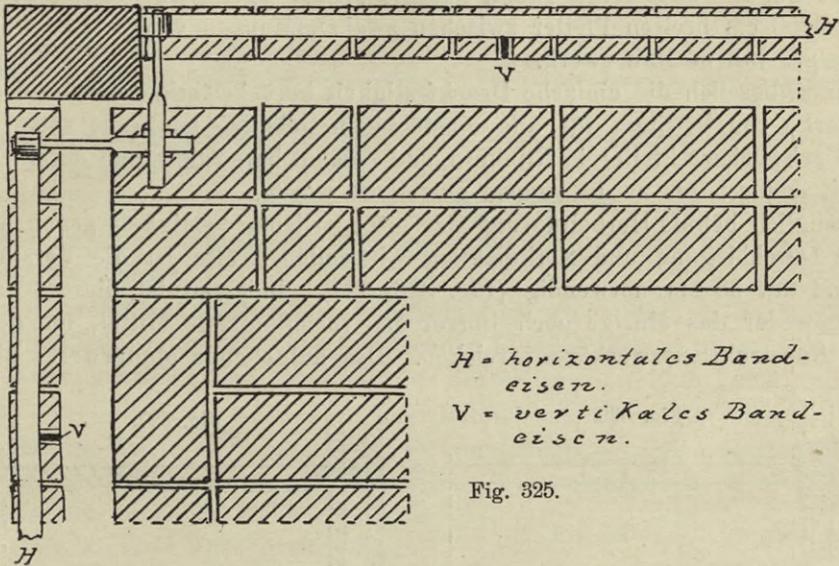
Die Herstellung der Platten kann durch gewöhnliche Arbeiter erfolgen, wie sie andererseits eine gute Gelegenheit bietet, Zeiten auszunutzen, während welcher andere Arbeiten ruhen müssen. Für das Spannen der Eisen können auch Schlosser, Schmiede und Zimmerer herangezogen werden.

Bei den bisher beschriebenen Wänden werden die Ansichtsflächen geputzt, soweit nicht für untergeordnete Räume ein zweimaliges Schlemmen genügt. Bei den senkrechten Bandeisen sind die Fugen durchlaufend. Ist jedoch aus architektonischen Gründen ein regelrechter Steinverband erforderlich, oder werden für Aussenwände Verblendsteine verwendet, so bietet das System Prüss auch in dieser Beziehung gegenüber dem üblichen Verblendverfahren bedeutende Vorteile.

Das gespannte Eisennetz ist dasselbe. Die wagerechten Eisen liegen an der Vorderseite. Die senkrechten, welche in Entfernungen von 3,  $3\frac{1}{2}$  oder 4 Köpfen voneinander gespannt werden, liegen hinten. Die senkrechten Eisen liegen in der 1., 3., 5., 7. usw. Schicht in der Stossfuge; in der 2., 4., 6., 8. usw. treffen sie auf die Mitte des Steines. Um auch in diesen letzteren das Band-eisen einzubetten, müssen die Steine entweder in der Mitte der Rückseite einen senkrechten 3 cm tiefen Einschnitt haben, oder es wird einfach  $\frac{1}{8}$  Verblendstein dem Bandeisen vorgemauert, und die nach hinten entstehende Lücke mit Zementmörtel ausgefüllt. Letzteres hat sich bei mehrfachen Ausführungen bestens bewährt (Fig. 325).

Zur Verblendung werden nur Riemchen verwendet, abgesehen von den Ecken und Bögen, wo  $\frac{3}{4}$ -,  $\frac{2}{4}$ - und  $\frac{1}{4}$ -Ecken erforderlich sind.

Die Verblendwand wird unabhängig von der Hintermauerung nach deren Vollendung hergestellt und zwar in einem Abstand von 7 bis 8 cm. Zur Befestigung der Bandeisen werden Konsolen in das Mauerwerk eingelassen.



*H = horizontales Band-  
eisen.  
V = vertikales Band-  
eisen.*

Fig. 325.

Die Vorteile der Verblendung nach dem System Prüss sind folgende:

1. Es wird eine wirksame Isolierung des Gebäudes nach aussen erzielt.
2. Da nur Riemchen gebraucht werden, wird wesentlich an Material und Transport gespart.
3. Der Rohbau kann unabhängig von der Verblendung wesentlich schneller unter Dach kommen und trocknet, da die Wände dünner sind, viel rascher aus. — Die senkrechten Bandeisen bilden gleichzeitig eine Lehre für die Stossfugen.
4. Die Fertigstellung des Rohbaues ist unabhängig von der vielfach unpunktlichen Lieferung der Verblendsteine.
5. Die Verblendung System Prüss ist nicht nur auf Neubauten beschränkt, sondern in gleicher Weise bei alten Gebäuden anwendbar, sofern Baufluchten oder Nachbargrenzen ein Verschieben der Mauerflucht um 14 cm gestatten.
6. Die Verblendung System Prüss kann ebenfalls vermittelst 6 cm starker Quaderplatten aus Stampfbeton sowie aus künstlichen oder natürlichen Sandsteinen erfolgen. In einem Teile derselben ist in der Mitte der Rückseite ein durchgehender Schlitz zur Aufnahme des senkrechten Bandeisens herzustellen.

Für die Auskragung grösserer Gesimse lassen sich unschwer die nötigen Eisenkonstruktionen anbringen. Bei Pfeilern von geringem Querschnitt kann es zweckmäfsig bei einer vollen massiven Ausführung verbleiben.

In bezug auf den Bau von Arbeiterwohnhäusern, Fabriken, Lagerschuppen und dergl. ist noch folgendes zu bemerken.

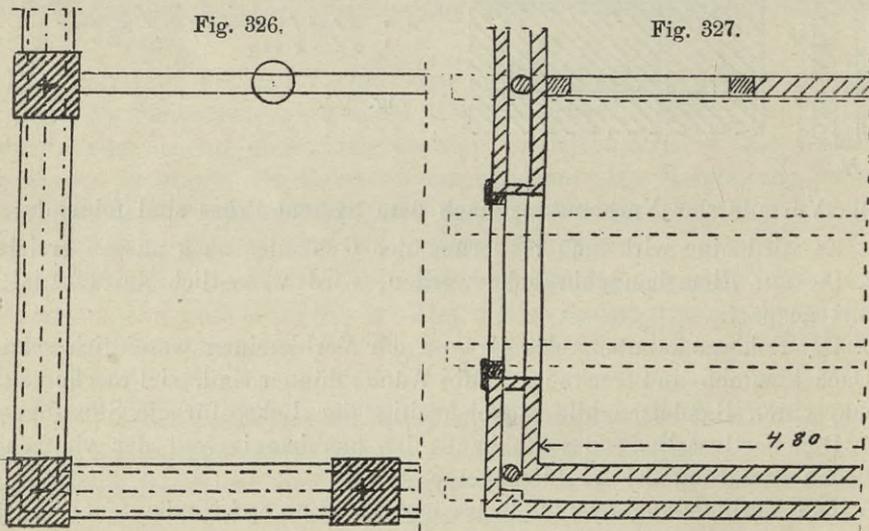
Bei einer Druckfestigkeit von  $7\frac{1}{2}$  kg/qcm beträgt die zulässige Belastung gewöhnlichen Ziegelmauerwerks für 1 lfd. m Wand

für $\frac{1}{4}$ Stein	=	6 $\frac{1}{2}$ cm starkes Mauerwerk	4875 kg,
" $\frac{1}{2}$ "	=	12 " " "	9000 "
" 1 "	=	25 " " "	18750 "
" 2 $\frac{1}{2}$ "	=	64 " " "	48000 " usw.

Bei einstöckigen Gebäuden beträgt die Belastung durch Balkenlage und Dach pro lfd. m voller Aussenwand höchstens 3000 kg. Diese Last erhöht sich bei einem 50 cm breiten Pfeiler zwischen zwei Oeffnungen von je 1,20 m bis zu 9000 kg pro lfd. m Mauerwerk.

Ausschliesslich die einfache Druckfestigkeit berücksichtigt, würde also eine Mauerstärke von  $\frac{1}{2}$  Stein für alle einstöckigen Gebäude genügen, zumal wenn einzelne schwächere Pfeiler in Klinkern und Zement hergestellt und deren Druckfestigkeit dadurch bis zu 14 kg/qcm gesteigert würde.

Lediglich behufs Herbeiführung der erforderlichen Festigkeit gegen die auf seitliche Durchbiegung und Zerknickung wirkenden Kräfte ist die Verstärkung der Wand auf 38 cm notwendig (Fig. 326, 327). Indessen ist diese Wandverstärkung weder das einzige noch immer das vorteilhafteste Mittel, um den gedachten Konstruktionszweck zu erreichen. Das aufgehende Mauerwerk, als ein



aus verschiedenen Baustoffen und Teilen zusammengesetzter Körper, ist die denkbar ungünstigste Konstruktion, soweit man den erforderlichen Widerstand gegen Zerknickung und Durchbiegung gesondert betrachtet. Die für die praktische Bauausführung in Betracht kommenden Materialien mit den entgegengesetzt günstigen Eigenschaften in dieser Beziehung sind Holz und Eisen, namentlich das letztere. Tatsächlich wird man in sehr vielen Fällen zu recht günstigen Ergebnissen gelangen, wenn man in dem aufgehenden Mauerwerk durchgehende senkrechte Flacheisen oder  $\Gamma$ -Träger einmauert, natürlich mit der wirksamsten Biegsachse in der Richtung des Mauerwerks.

Zu noch vorteilhafteren konstruktiven Resultaten gelangt man, wenn die angedeuteten durchgehenden Stiele als Pfahl ausgebildet werden. Der Pfahl, ob nun von Holz, mit dem unteren Ende ins Erdreich eingebettet, oder als

eiserner Träger in Betonfundamenten eingestampft (Fig. 328), bildet einen, mit seinem unteren Ende fest eingespannten, oben freistehenden senkrechten Balken. Dieser besitzt ausser seiner Druckfestigkeit von 80 bzw. 1000 kg/qcm eine ausser-

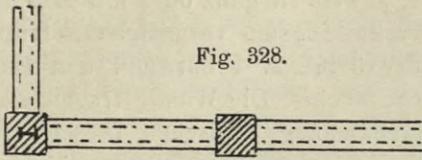


Fig. 328.

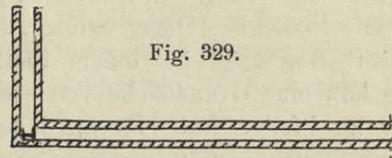


Fig. 329.

ordentliche Widerstandsfähigkeit gegen die oben genannten, seitlich wirkenden Kräfte, sowie ausserdem gegen Winddruck.

Auch Pfähle aus Eisenbeton würden sich für diesen Zweck vorzüglich eignen.

Für ein- und zweistöckige Gebäude werden die Pfähle nach System Prüss wie folgt zugerichtet:

a) Gewöhnliche Pfähle von Rundholz oder geschnittenem Bauholz werden mit Karbolineum oder ähnlichen erhaltenden Flüssigkeiten getränkt. Das untere Ende wird angebrannt und innerhalb des Erdreichs mit fettem Lehm umstampft.

b) Der untere, im Mauerwerk oder Beton etwa 80 cm tief eingebettete Teil des Pfahls ist Eisen, der obere Holz wie vorstehend. An den Holzpfosten wird entweder starkes Flacheisen,  $\perp$ -Eisen oder  $\sqsubset$ -Eisen angebolzt oder in der Mitte desselben bis zu 70 cm Höhe ein 4 bis 5 mm starkes, etwa 7 cm breites Flach-eisen eingelassen und zweimal verbolzt (Fig. 330).

c) Man verwendet eiserne  $\perp$ -Träger, so werden diese mit ihren unteren Enden in Betonpfeiler gesteckt, in denen sie fest mit Zementmörtel vergossen werden. Das Profil richtet sich nach der Höhe und der Belastung. Für die meisten einstöckigen Gebäude genügt bereits N. P. 10.

Für die Aussenwände werden an den Ecken und innerhalb der zwischen den Oeffnungen bestehenden Pfeiler in Entfernungen von 3 bis 4 m Pfähle gestellt und oberhalb mit einem Rähm verbunden. Bei den Holzpfählen wird letzteres mit Kopfbändern unterstützt, bei den stehenden Trägern mit Winkel-laschen verbolzt, oder es wird anstatt des Holzrähms über letztere ein eiserner Träger verlegt und verbolzt. Das Rähm bzw. der Träger bildet die unmittelbare Unterstützung für die Balkenlage.

Die umkleidenden Wände werden auf der inneren Seite des konstruktiven Gerippes zweckmässig von porigen Vollsteinen ausgeführt, auf der äusseren Seite, falls die Fassade geputzt wird, mit gewöhnlichen Ziegeln oder Betonplatten, andernfalls mit Verblendsteinen. Bei hölzernen Pfosten ist es der Ausdehnung des Holzes wegen zweckmässig, zwischen diesem und der vorzublen-denden Wand

Fig. 330.

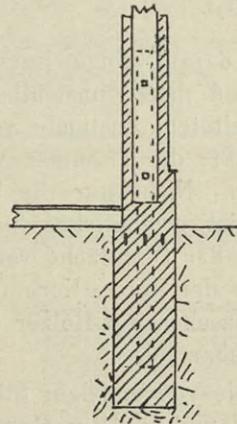
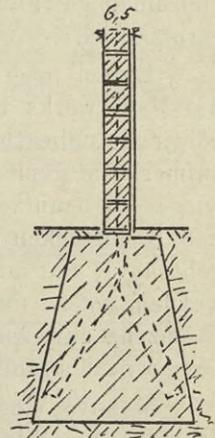


Fig. 331.



mindestens 1 cm Luft zu lassen. Zwischen der äusseren und inneren Wand verbleibt ein Luftraum, mindestens entsprechend der Stärke der Stiele, also 16 bis 20 cm.

Die Fundierung der tragenden Pfähle, soweit sie ganz oder mit dem unteren Teile aus Eisen bestehen, erfolgt am zweckmässigsten mittelst Betonpfeiler. Diese erhalten z. B. bei einem Pfeiler, der 3 lfd. m Frontwand und Dach zu tragen hat, eine Grundfläche von etwa  $40 \times 50$  cm. Die Wände tragen sich von Pfeiler zu Pfeiler frei. Es ist jedoch zweckmässig, zwischen diesen einzelne kleinere Pfeiler zur Unterstützung der Wände anzulegen. Die Ausführung geschieht am vorteilhaftesten, wenn man mittelst eines Erdbohrers von 21 bis 30 cm Durchmesser bis auf den tragfähigen Baugrund ein Loch heraushebt und dieses alsdann mit Beton vollstampft (Fig. 326).

Behufs der sorgfältigen Aufstellung und des genauen Einlotens der Pfähle ist es zweckmässig, in den zu stampfenden Betonpfeilern Löcher auszusparen, indem man zunächst Hölzer mit einstampft, die man nach dem Erhärten herauszieht. Alsdann werden die Pfähle eingesetzt, genau eingelotet und das untere Ende mit kräftigem Kieszementmörtel vergossen bzw. umstampft. Die beschriebene Art der Fundierung ermöglicht es, die Grundfläche der Fundamente genau deren Belastung und der Tragfähigkeit des Baugrundes anzupassen. Damit wird eine bedeutende Ersparnis an Erdarbeiten und Fundamentmauerwerk erreicht.

Dahingegen erfordern die Fundamente massiver Wände eine durchgehende gleichmässige Fundierung. Die geringste Nachgiebigkeit würde sofort Risse verursachen.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die tragenden Holzstiele innerhalb des Mauerwerks und daher unsichtbar verbleiben. Es lassen sich daher Rundhölzer in unbearbeitetem Zustande verwenden. Ferner sei auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht, die Trümmer von Brandstätten in umfangreichster Weise wieder zu benutzen. Nicht nur die Wiederverwendung von alten Mauersteinen und Steinstücken ist ermöglicht, sondern es lassen sich ausserdem auch angebrannte, nur an der Oberfläche verkohlte Hölzer zu Stielen und Pfählen verwenden, sofern nur der innere Kern fest genug geblieben ist. Ebenso wird altes Eisenzeug zum Anlaschen der Hölzer und zum Einbetten in die Betonfundamente immer noch brauchbar sein.

Massive Wände von mässiger Stärke pflegen nur in unvollkommener Weise Schutz gegen Wind und Wetter, Durchdringung von Hitze, Kälte und Nässe zu gewähren.

Auch die gleichzeitige Anlage von 5 bis 7 cm starken Luftisolierschichten innerhalb des Mauerwerks hat zu keinen befriedigenden Ergebnissen geführt. Die ungenügende Wirkung beruht darauf, dass die Isolierschicht an sämtlichen Ecken, Bögen, Fensterleibungen, an den durchgehenden Schichten unterhalb der Balkenlage, sowie an den Bindersteinen, ferner durch die während der Aufmauerung herabfallenden Baustoffe, welche innerhalb der Luftschicht liegen bleiben, in ganz erheblichem Masse unterbrochen wird. Es findet daher eine unmittelbare Uebertragung der äusseren Temperatur und Feuchtigkeit an den vielen Berührungsflächen in umfangreichem Masse statt.

Bei den nachträglich vorgeblendeten Wänden nach System Prüss wird die Luftisolierschicht vollkommen unversehrt erhalten. Innere Isolierwände werden am besten aus porigen Vollsteinen hergestellt. Aeussere Isolierwände erhalten zweckmässig einen Abstand von 13 bis 20 cm von der tragenden Mauer. Bei der Konstruktion der Aussenwände nach dem Pfahlbausystem ergibt sich dieser Zwischenraum von selbst. In manchen Fällen kann die isolierende Wirkung des Luftraumes durch Ausfüllung mit geeigneten schlechten Wärmeleitern (Asche, Strohlehm, Kieselgur, Torfstreu usw.) wesentlich erhöht werden.

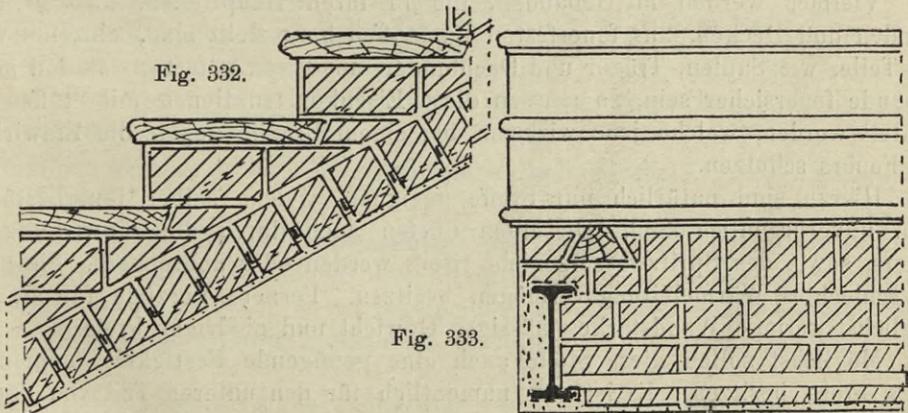
Durch das Bausystem Prüss wird es möglich, Arbeiterwohnhäuser, landwirtschaftliche Gebäude, Fabriken, Schuppen u. dergl. warm und trocken, rasch, billig und dauerhaft herzustellen und doch die äussere Gesamterscheinung der gewöhnlichen massiven Bauweise beizubehalten.

Das erste Gebäude dieser Art war das Baubüreau für den Bau des Bismarck-Nationaldenkmals vor dem Reichstagsgebäude in Berlin, welches im Herbst 1899 ausgeführt wurde und sich sowohl im Winter wie im Sommer vollkommen bewährte.

Inhaberin der Patentrechte ist die Firma Prüss & Koch zu Berlin.

### Treppen und Dächer aus Stein mit Eiseneinlage zwischen eisernen Trägern.

Treppen. In bezug auf die Ausführung von Treppen gilt von den hierher gehörigen Konstruktionen dasselbe, was bei den Decken erwähnt wurde. Der Hauptunterschied besteht darin, dass die herzustellenden tragenden Platten hier nicht, wie bei den Decken, horizontal liegen, sondern schräg ansteigen. Im übrigen können die Stufen aufgemauert oder aufbetoniert werden usw., wie dies bei den eigentlichen Eisenbetontreppen besprochen wurde. Fast alle bei den



Decken erwähnten Systeme lassen sich auch hier anwenden. Beispielsweise sind zahlreiche Treppen nach Bauweise Kleine ausgeführt. Feuersicher werden derartige Treppen ebenfalls wie die Decken nur, wenn auch die Träger mit feuerfesten Stoffen eingehüllt werden (Fig. 332 und 333).

Derartige Treppen werden auch ohne Verwendung eiserner Träger hergestellt, indem die Steine und Eiseneinlagen unmittelbar im Mauerwerk der Treppenhau mauern ihr Auflager finden.

Auch freitragende Treppen und solche mit gewundenen Läufen werden nach den oben erwähnten Bauweisen, z. B. nach dem Bausystem Eggert, hergestellt.

Dächer. Zur Herstellung der Dachflächen bei geringen Neigungen und eisernen Bindern sind namentlich Plattenkonstruktionen von hohlen oder porigen Steinen mit in die Fugen eingebetteten Eiseneinlagen gut geeignet. Das ganze

Fig. 334.

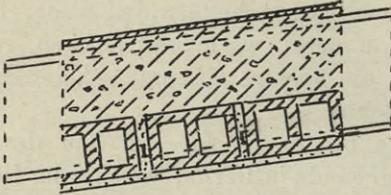
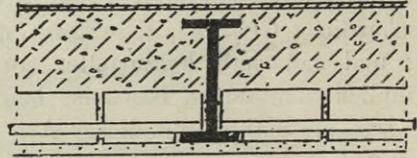


Fig. 335.



Dach wird dadurch leicht und der Dachraum gut gegen die äussere Temperatur isoliert, und die geringere Festigkeit genügt bei der im Verhältnis zu den Deckenkonstruktionen ja nur geringen Beanspruchung.

Weitere Isolierung wird durch Auffüllung von Schlackenbeton, durch Korksteine usw. erreicht (Fig. 334 und 335).

In bezug auf die weitere Ausführung und Eindeckung kann auf das bei den Eisenbetondächern bereits Gesagte verwiesen werden.

### Ummantelung von Eisenkonstruktionen.

#### Allgemeines.

Vielfach werden in Gebäuden, die in ihren Hauptteilen, also in ihren Wänden und Decken, aus feuerfesten Baustoffen hergestellt sind, einzelne wichtige Teile, wie Säulen, Träger und Dachbinder, aus Eisen gefertigt. Sollen solche Gebäude feuersicher sein, so müssen diese Eisenkonstruktionen mit Stoffen ummantelt werden, welche jene wirksam bei einem Brande gegen die Einwirkung des Feuers schützen.

Hierzu sind natürlich nur Stoffe geeignet, welche selber feuerbeständig, d. h. unverbrennlich sind. Dieselben dürfen auch durch die Einwirkung des Feuers, sowie des Spritzwassers nicht rissig werden oder abbröckeln. Sie sollen ein schlechtes Wärmeleitungsvermögen besitzen. Fernere Vorzüge für sie sind möglichst geringe Wandstärke, mässiges Gewicht und niedriger Preis.

Möglichst sollen diese Stoffe auch eine genügende Festigkeit, namentlich gegen Stoss, besitzen. Es ist dies namentlich für den unteren Teil von Säulenummantelungen in Fabriken, Geschäftsräumen u. dergl. erforderlich. Im anderen Falle erhalten die feuerfesten Bekleidungen von Säulen, Pfeilern u. dergl. noch besondere Schutzmäntel aus Eisenblech oder auch aus Holz gegen mechanische Beschädigungen.

Die hierher gehörigen Anordnungen unterscheiden sich von den Konstruktionen des vorigen Abschnitts besonders dadurch, dass hier das Eisen sämtliche äusseren Kräfte aufzunehmen hat, während die Ummantelung mit Stein u. dergl. dem Eisen hauptsächlich Feuerschutz gewähren soll. Besonderen Vorzug werden

dabei diejenigen Ummantelungen verdienen, welche das Eisen ausser gegen Feuer auch in wirksamer Weise gegen Rost schützen.

Bestehen die Ummantelungen aus Mörtelstoffen, so müssen sie so beschaffen sein, dass sie das Eisen nicht angreifen, wie dies bei Kalk und Gips der Fall ist. Sie müssen frei von Säuren sein. Säurehaltige Schlacken sind daher zur Bereitung des Mörtels bezw. des Betons für Ummantelungen ebenso wenig verwendbar wie säurehaltige Schlackenzemente, da beide das Eisen angreifen.

In chemischen Fabriken u. dergl., wo mit Säuren umgegangen wird, oder wo sich Säuredämpfe entwickeln, sollen die Ummantelungen ausserdem auch säurefest sein.

Schützt die Ummantelung nicht selbst das Eisen gegen Rosten, wie Beton aus Portlandzement, so muss dasselbe vor Aufbringung des Mantels mit einem mehrmaligen Schutzanstrich versehen werden, z. B. von Mennige, Zement u. dergl. Dieser Anstrich muss äusserst dauerhaft hergestellt werden, denn fast niemals sind die Ummantelungen so eingerichtet, dass sie später, behufs Untersuchung und Erneuerung des Anstriches, leicht abgenommen und wieder aufgebracht werden können.

Schliesslich sollen die Konstruktionen für Ummantelungen auch so einfach sein, dass sie von jedem geschickten Bauhandwerker ausgeführt werden können.

Die Entscheidung darüber, wann Eisenkonstruktionen gegen Feuer durch besondere feuerfeste Ummantelungen zu schützen sind, richtet sich nach der Wichtigkeit der betreffenden Bauteile im Gebäude, nach der Umgebung, Lage und Grösse des letzteren, nach der grösseren oder geringeren Feuergefährlichkeit der vorhandenen Stoffe, nach der Menge derselben und nach der Gefahr, die ein Brand für die in dem Gebäude weilenden Menschen und die darin aufgespeicherten Waren sowie für die Umgebung mit sich bringt.

Die Bauordnungen der meisten Städte enthalten über die Ummantelungen von Eisenkonstruktionen besondere Bestimmungen. Auch durch allgemeine gesetzliche bezw. polizeiliche Bestimmungen wird die Frage der Feuersicherheit von Eisenkonstruktionen geregelt.

Endlich bestimmt für Gewerbebetriebe und Fabriken<sup>1)</sup> die Reichs-Gewerbeordnung:

§ 120a. „Die Gewerbeunternehmer sind verpflichtet, die Arbeitsräume, Betriebsvorrichtungen, Maschinen und Gerätschaften so einzurichten und zu unterhalten und den Betrieb so zu regeln, dass die Arbeiter gegen Gefahren für Leben und Gesundheit soweit geschützt sind, wie es die Natur des Betriebes gestattet.

Insbesondere ist für genügendes Licht, ausreichenden Luftraum und Luftwechsel, Beseitigung des bei dem Betriebe entstehenden Staubes, der dabei entwickelten Dünste und Gase, sowie der dabei entstehenden Abfälle Sorge zu tragen.

Ebenso sind diejenigen Vorrichtungen herzustellen, welche zum Schutze der Arbeiter gegen gefährliche Berührungen mit Maschinen oder Maschinenteilen oder gegen andere in der Natur der Betriebsstätte oder des Betriebes liegende Ge-

<sup>1)</sup> Anlage von Fabriken von H. Haberstroh, E. Weidlich, E. Görtz und Dr. R. Stegmann. Verlag von B. G. Teubner in Leipzig, 1907.

fahren, namentlich auch gegen die Gefahren, welche aus Fabrikbränden erwachsen können, erforderlich sind.

§ 120d. Die zuständigen Polizeibehörden sind befugt, im Wege der Verfügung für einzelne Anlagen die Ausführung derjenigen Maßnahmen anzuordnen, welche zur Durchführung der in §§ 120a bis 120c enthaltenen Grundsätze erforderlich und nach der Beschaffenheit der Anlage ausführbar erscheinen“ . . .

#### Ummantelungen von Trägern, Unterzügen und Säulen.

Stampfbeton. Säulen aus Guss- und Schmiedeeisen, sowie Träger und Unterzüge schützt man gegen Feuer durch Umstampfung mit Zementbeton (Fig. 336 und 337). Soll die Umhüllung haltbar und wirksam sein, so muss die aufzubringende Betonschicht etwa 8 cm stark sein. Hierdurch wird der Quer-

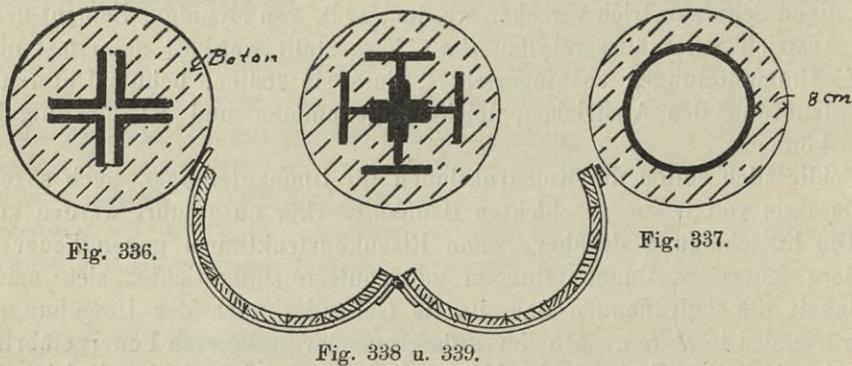


Fig. 338 u. 339.

schnitt der Konstruktion allerdings stark vergrößert, was namentlich bei Säulen in vielen Fällen störend sein kann. Auch das Gewicht wird erheblich vermehrt. Durch Verwendung von Bims Kies oder Schlacke kann man das Gewicht herabmindern. Zugleich wirkt Beton mit solchen Zuschlägen wegen seiner porigen Beschaffenheit noch besser isolierend gegen hohe Temperaturen als Beton mit gewöhnlichem Kies oder feinem Steinschlag.

Beton mit Portlandzementmörtel als Bindemittel bildet zugleich das vorzüglichste Schutzmittel des Eisens gegen Rostbildung.

Als Schalung für das Umstampfen benutzt man zweiteilige aufklappbare Formen aus Holz oder Eisen von etwa 1 m Höhe, welche, nachdem der Beton eingestampft und genügend erhärtet ist, gelöst und dann weiter oben wieder angebracht werden (Fig. 338 und 339).

Die Umhüllung mit Beton geschieht auch ohne besondere Form in der Weise, dass man in genügendem Abstände von den Säulen ein Gerippe aus dünnen Eisenstäben herstellt, welches man mit einem engmaschigen Drahtgewebe überzieht. Der Raum zwischen dem Drahtgewebe und der Säule wird dann mit Beton ausgestampft und aussen ein Putz aus Zementmörtel aufgebracht (Fig. 340).

Eine gewöhnliche Ummantelung aus Stampfbeton kostet etwa 6 M/qm.

Luftschichten, die man früher vielfach zwischen dem Mantel und der zu schützenden Eisenkonstruktion zur besseren Isolierung anbrachte, lässt man heute in der Regel fort, weil ohne diese Luftschicht die Ummantelung sich besser an der Säule befestigen lässt und widerstandsfähiger gegen Stösse und dergl. wird,

und weil bei der innigen Umschliessung des Eisens durch Zementmörtel oder Zementbeton letzteres auch am sichersten gegen Rostbildung geschützt ist.

Ungeziefer der verschiedensten Art findet ausserdem in jenen Hohlräumen leicht Gelegenheit zum Aufenthalt.

**Monier und Rabitz.** Kommt es sehr auf Raumerparnis an, so kann man die zu schützenden Eisenkonstruktionen mit Moniergitterwerk oder Rabitzgewebe umschliessen und dann verputzen. Die Stärke des Mantels beträgt in diesem Falle etwa nur 4 cm. Das Drahtwerk ist in einigem Abstand von dem zu umhüllenden Eisen anzubringen, damit der Mörtel es von beiden Seiten einhüllen kann. Verwendet man zum Mörtel Portlandzement als Bindemittel, so ist das Eisen auch hier sicher gegen Rost geschützt.

Zur Ummantelung von Säulen wird das Drahtgeflecht dem Umfang jener entsprechend zugeschnitten und zurecht gebogen, worauf die Ränder mittels Bindedraht aneinandergeheftet werden (Fig. 341).

Unterzüge können vor Aufbringung der Träger bzw. der Decke mit dem Drahtgeflecht umhüllt werden. Man kann auch in Abständen von etwa 25 cm einzelne Drahtstücke auf die Oberflansche der Unterzüge auflegen, deren Enden später umgebogen und mit den Maschen des umhüllenden Drahtgewebes verflochten werden. Ebenso kann man das Drahtnetz mittels Hakennägel unmittelbar an der Decke befestigen, oder man ordnet zu beiden Seiten des Unterzuges unmittelbar neben demselben dünne Rundeisenstäbe an, die durch ebensolche Hakennägel wie vor an der Decke festgehalten werden und heftet das Netzwerk dann mit Bindedraht an diese Stäbe (Fig. 342 bis 345).

Fig. 340.

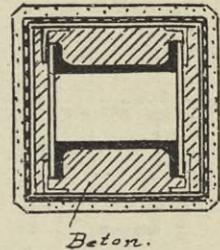


Fig. 341.

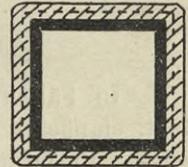


Fig. 342 u. 343.

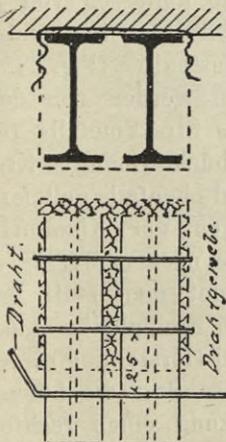


Fig. 344.

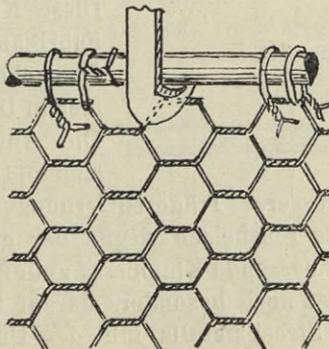
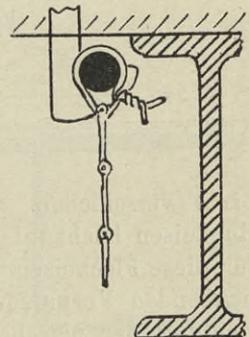


Fig. 345.



**Streckmetall.** Ueber das Streckmetall selber und über die Verwendung desselben als Einlage für Eisenbetonkonstruktionen ist schon weiter oben gesprochen worden. Dasselbe eignet sich auch sehr gut zur Ummantelung von Eisenkonstruktionen und wird hier in derselben Weise wie Drahtnetzwerk ge-

braucht, vor welchem es sich noch durch seine bedeutende Steifigkeit auszeichnet. Die Umhüllung mit Zementmörtel erfolgt wieder in derselben Weise wie oben (Fig. 341).

Statt bei massiven Decken, welche auf dem oberen Trägerflansch aufliegen, die einzelnen Träger unten besonders zu umhüllen, spannt man auch oft eine dünne Schutzdecke aus Eisenbeton unter die Träger (Fig. 346 und 347). Zur Herstellung solcher Decken, durch welche zugleich eine gute Isolierung der überdeckten Räume erreicht wird, eignet sich das Streckmetall ebenfalls sehr gut. Bei grösseren Trägerentfernungen werden diese Putzdecken so hergestellt, dass man in Entfernungen von 50 cm Rundeisen auf die unteren Flanschen der Träger auflegt und an diese das Verputzblech mittels einfacher Drahtschlingen befestigt und dann verputzt (Fig. 348).

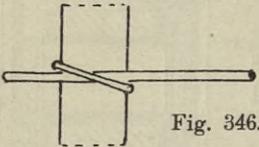


Fig. 346.

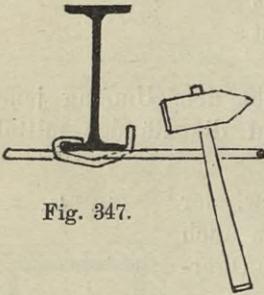
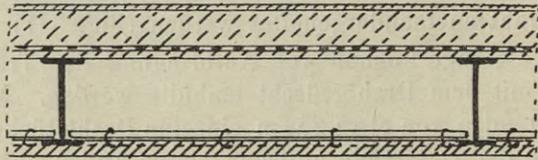


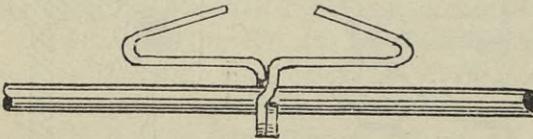
Fig. 347.

Fig. 348.



In Fällen, wo man ganz besonders Wert auf unbedingte Feuersicherheit legt, empfiehlt es sich, die Rundeisen zur Befestigung des Verputzbleches in gewisser Entfernung unter den Trägern anzubringen, so dass die Verputzdecke sich nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Träger befindet, vielmehr zwischen diesem und der hängenden Decke noch eine Luftzirkulation stattfindet. Zu einer derartigen Anbringung der Decke dienen besondere Klammern, die aus zwei genau gleichen Teilen bestehen. Die beiden Teile umfassen von je einer Seite den unteren Trägerflansch und werden einfach von Hand ineinander geschoben, wobei sie das Rundeisen umschliessen und sicher festhalten (Fig. 349).

Fig. 349.



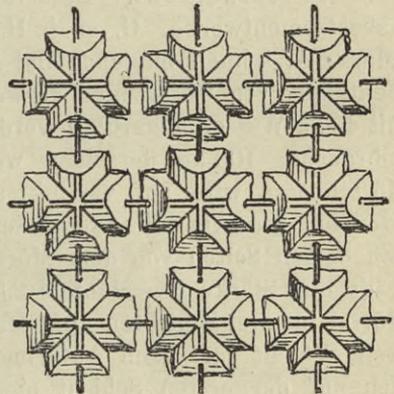
Diese Klammern werden von den Fabrikanten des Streckmetalls für Deutschland, Schüchtermann & Kremer in Dortmund ebenfalls geliefert. Die Abmessungen der Klammern sind natürlich je nach dem Trägerprofil verschieden. Bei grösserer Trägerentfernung verwendet man statt der Rundeisen hochkant gestellte Flacheisen wegen der grösseren Steifigkeit. Auch für diese Flacheisen werden passende Klammern geliefert. Bei Herstellung dieser hängenden Verputzdecken ist noch besonders darauf zu achten, dass die Längsrichtung der Maschen des Streckmetalls mit der Unterstützung einen rechten Winkel bilden muss.

Werden bei diesen Decken sowie bei den Ummantelungen die Eisenteile (Träger, Unterzüge und Säulen) nicht zugleich innig vom Zementmörtel bzw. Zementbeton eingehüllt, so müssen sie natürlich wieder zuvor mit einem dauerhaften Schutzanstrich versehen werden.

Decken auf Streckmetallschutzblech werden auch vielfach unter Dachflächen gespannt. Ebenso können sie die Form beliebiger Gewölbe annehmen. Ein Rundeisen oder Holzgerippe gibt die Form an, während auf diesem Gerippe die Streckmetall-Putzblechtafeln befestigt werden. Diese Scheingewölbe werden 3 bis 5 cm stark hergestellt. Anschlüsse dieser Decken an die Seitenmauern können in Form von Bögen, Profileisten usw. ausgeführt werden, um auch künstlerische Wirkungen zu erzielen.

**Drahtziegel.** Mit dem Namen Drahtziegel\* bezeichnet man ein engmaschiges Drahtgewebe mit quadratischen Feldern, auf dessen Kreuzungsstellen der Drähte kleine kreuzförmige Tonkörper aufgespritzt und dann gebrannt sind (Fig. 350). Diese Drahtziegelgewebe kommen in Tafeln von  $5 \times 1$  m Grösse in den Handel und wiegen 4,5 kg/qm. Sie werden wie Streckmetall zur Herstellung leichter Decken und Wände und zur Ummantelung von Eisenkonstruktionen benutzt, indem das ausgespannte bezw. umhüllende Gewebe mit einer 3 bis 4 cm starken Putzschicht versehen wird.

Fig. 350.



Damit bei Ummantelung von Säulen der Mörtel durch die Maschen des Gewebes dringen und dieses auch von der inneren Seite umhüllen, und so recht innigen Halt erhalten kann, wird das Drahtziegelgewebe nicht unmittelbar auf die Säule gespannt, sondern man befestigt zunächst einige Drahtziegelstreifen auf derselben. Hierdurch wird auch überall ein gleichmässiger Abstand des Gewebes von der Säule erhalten.

Im übrigen haftet der Mörtel auch an den rauen und eckigen Tonkörperchen sehr gut.

Ummantelungen mit Putz auf Drahtziegelgewebe haben sich sowohl bei Feuersbrünsten wie bei Brandproben sehr gut bewährt und sowohl dem Feuer wie dem Spritzwasser Widerstand geleistet.

1 qm 4 cm starke Ummantelung mit Drahtziegeleinlage stellt sich auf etwa 7,5 Mark.

Schutzmäntel aus Eisenblech, die man Säulenummantelungen gibt, um sie vor Beschädigungen durch Stösse u. dergl. in ihrem untersten Teil zu schützen, sollen fest anliegen und keine vorspringenden Teile haben. Vernietungen bezw. Verschraubungen werden daher so hergestellt, wie es die Figuren 351 und 352 angeben, so dass Laschen, Winkeleisen u. dergl. immer nach innen zu liegen kommen (Fig. 351 bis 354).

Fig. 351.

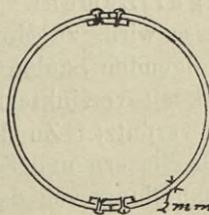


Fig. 352.

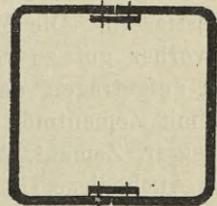


Fig. 353.

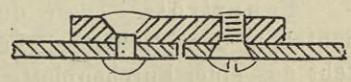


Fig. 354.

Das Eisenblech der Schutzmäntel wählt man etwa 2 mm stark. Der Zwischen-

raum zwischen Schutzmantel und Säulenummantelung' wird mit dünnflüssigem Zementmörtel ausgegossen.

Auch aus Holz werden nicht nur Schutzmäntel hergestellt, sondern zuweilen auch die eigentlichen Ummantelungen von Trägern und Säulen. Wenn auch Holz selber brennbar ist, so vermag doch ein Mantel aus glatt gehobeltem Holz das eingeschlossene Eisen längere Zeit hindurch einer gefahrbringenden Einwirkung des Feuers zu entziehen. Durch feuersicheren Anstrich und durch Imprägnierung kann man die Widerstandsfähigkeit des Holzes erhöhen. Letztere Mittel schützen das Holz aber bekanntlich nicht vor der schliesslichen Zerstörung durch Feuer, sondern sie vermögen diese nur zu verzögern und verhindern die Entflammbarkeit des Holzes.

**Asbestzement.** Derselbe wird als „Asbestzement-Kühlewein“ von dem Asbestzementwerke, G. m. b. H., Hamburg 23, in Pulverform in zwei Sorten (Marke A, schnell bindend, und Marke B, langsam bindend) geliefert. Zur Ummantelung von Unterzügen verwendet man Marke A, wobei 100 kg Asbestzement mit 40 kg Wasser angerührt werden. Zur Ummantelung von Säulen wird Marke B gebraucht. 100 kg derselben werden mit etwa 35 kg Wasser angerührt. Die Mörtelmasse wird auf verzinktes Drahtgewebe mit 20 bis 25 mm Maschenweite oder auf Streckmetall aufgebracht und zwar auch wieder so, dass die Einlagen von beiden Seiten von dem Mörtel umhüllt werden. Für gewöhnliche Fälle beträgt die Stärke des Mantels 2,5 cm. Für ausserordentlichen Schutz wird der Mörtel in zwei Schichten aufgetragen, die zusammen etwa 4 cm stark sind. Die erste Schicht darf beim Aufbringen der zweiten noch nicht erhärtet sein. Sollte sich auf der ersten Schicht eine Haut gebildet haben, so muss diese abgekratzt werden, ehe man die zweite aufbringt, weil nur dann beide Schichten sich innig miteinander verbinden.

Etwaige grössere Hohlräume zwischen Ummantelung und Säule bzw. Träger oder Unterzug können hier wie in anderen ähnlichen Fällen mit Schlacken- oder Bimsbeton oder mit Schwemmsteinmauerwerk ausgefüllt werden.

Schnellbindender Asbestzement muss innerhalb 10 Minuten nach dem Anrühren verarbeitet werden.

Auch diese Ummantelungen haben sich gut bewährt.

1 qm Ummantelung kostet bei 2,5 cm Stärke 4 bis 5 Mark, bei 4 cm Stärke 6 bis 7 Mark.

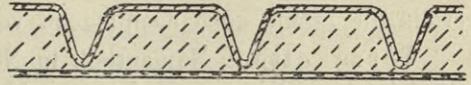
**Asbest-Kieselgur-Zement.** Derselbe besteht aus Kieselgurzement mit Asbestfasern. Die Masse wird, zu Mörtel angerührt, in mehreren Schichten auf die vorher gut zu reinigenden Säulen unmittelbar in einer Stärke von 2,5 bis 3 cm aufgetragen, dann mit verzinktem Drahtgewebe oder Streckmetall umgeben und mit Zementmörtel verputzt. Zu diesem Verputz wird auch ein Mörtel aus Kieselgur, Zement, Asbestfasern und Schamottmehl empfohlen.

Auch diese Ummantelung, von der das Quadratmeter 4 bis 5,5 Mark kostet, hat sich gegen Feuer und Spritzwasser genügend widerstandsfähig gezeigt.

**Feuertrotz.** Diese durch D. R. P. 103180 und 103534 geschützte Ummantelung der „Deutschen Feuertrotz-Gesellschaft“ in Berlin und Hannover besteht aus einer Furchenplatte (Fig. 355) und einer Sinterschicht. Erstere ist aufrollbar und passt sich daher den zu umhüllenden Körpern leicht an. Sie besteht

aus einem Gewebe, auf welchem hauptsächlich aus Kieselgur bestehende stabförmige Körper mit trapezförmigem Querschnitt befestigt sind. Die Oberfläche der Stäbe ist mit einer brennbaren Schicht aus Sägespänen u. dergl. versehen. Auf die Furchenplatte wird die aus Ton und ähnlichen Stoffen bestehende Sinterschicht als Mörtel aufgebracht, welche sich bei einem Feuer in einen schlackenartigen Ueberzug verwandelt.

Fig. 355.



Die Sinterschicht füllt die Fugen der Furchenplatte, die mit Bindedraht befestigt wird, aus und bedeckt dieselbe noch in einer Stärke von 1,5 cm. Zur Erzielung grösserer Haltbarkeit wird oben noch ein dünner Zementputz aufgebracht.

Die verbrennende „veraschende Schicht“ sowie die Sinterschicht sollen durch ihre Umwandlung dem Feuer so viel Wärme entziehen, dass die ummantelten Teile nicht gefahrbringend erhitzt werden, was noch dadurch erreicht wird, dass sämtliche Schichten schlechte Wärmeleiter sind. Die Sinterschicht soll ausserdem in gesintertem, verschlacktem Zustande möglichen Widerstand gegen das Spritzwasser bieten.

Brandproben lieferten sehr günstige Ergebnisse. Beispielsweise zeigten Schmelzproben bei einem im Jahre 1899 in Hannover ausgeführten Brandversuch, der  $2\frac{1}{2}$  Stunden dauerte, eine Temperatur von  $1250^{\circ}\text{C}$ ., während die Temperatur an der Säulenoberfläche unter  $230^{\circ}\text{C}$ . blieb.

Die Kosten stellen sich auf 4 bis 5 M/qm.

Plutonit ist eine Asbest-Feuerschutzmasse, welche durch Einwirkung des Feuers ebenfalls zum Sintern gebracht wird. Sie kommt in Teigform in den Handel und wird auf die Eisenteile, an denen sie gut haften soll, etwa 3 cm stark aufgetragen, nachdem sie mit 25 % Gewichtsteilen Zement unter Zusatz von etwas Wasser durchgearbeitet ist.

Die mechanisch-technische Versuchsanstalt zu Charlottenburg ermittelte bei einer Brandprobe eine Temperatur an der äusseren Mantelfläche von  $1100^{\circ}\text{C}$ ., während an dem geschützten Eisen die Wärme weniger als  $200^{\circ}\text{C}$ . betrug.

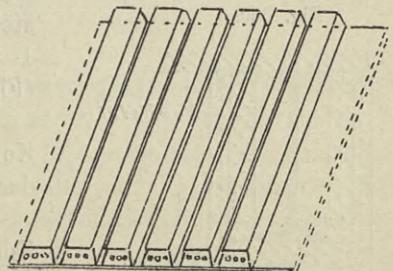
Die Kosten sind hier allerdings ziemlich bedeutend, da sich 1 qm auf 9 bis 10 Mark stellt.

Mack's Feuerschutzmantel. Derselbe besteht nach dem D. R. G. M. Nr. 15299 aus einem Jutegewebe, auf welches 15 oder 20 mm starke Lamellen aus Gips aufgeklebt sind (Fig. 356).

Bei der Herstellung wird um die Säule oder den Unterzug ein Doppeldraht gezogen, der mit Gipsmörtel beworfen wird. Auf diesen Gipsring wird der Schutzmantel mit verzinkten Drahtstiften befestigt. Die Lamellen können nach innen oder nach aussen zu liegen kommen. Die äussere Fläche wird verputzt. Besser ist es noch, den Hohlraum zwischen Säule und Mantel mit Bimsbeton u. dergl. auszufüllen.

1 qm des Feuerschutzmantels mit 2 cm starkem Zementputz stellt sich auf 4 bis 5 Mark.

Fig. 356.



Backsteine oder Schwemmsteine. Hochkantig in Zementmörtel vor die Säulen vermauerte hartgebrannte Ziegelsteine oder auch Schwemmsteine gewähren denselben einen vorzüglichen Schutz. Die Oberfläche wird zweckmässig mit einer 1 cm starken Zementmörtelschicht verputzt (Fig. 357). Zuweilen werden die Steine auch flachliegend vorgemauert.

Terrakotten. Namentlich in Nordamerika werden seit langer Zeit Terrakotten in ausgedehntem Masse sowohl zur feuersicheren Ummantelung von Trägern und Säulen, wie auch zur Herstellung feuerfester Decken gebraucht. Die-

Fig. 357.

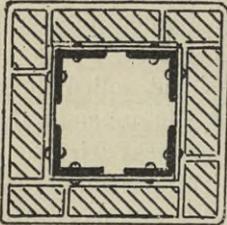


Fig. 358.

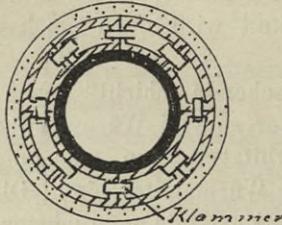
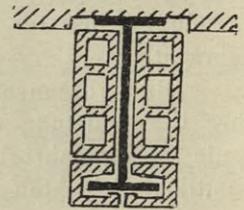


Fig. 359.

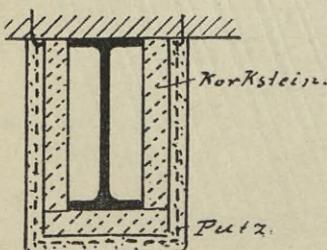


selben sind meist als Hohlsteine mit verhältnismässig dünnen Wandungen und oft auch porig hergestellt und zwar in den verschiedensten Formen, so dass man sie den zu ummantelnden Eisenkonstruktionen stets bequem anpassen kann. Bei den Hohlsteinen beträgt die Wandstärke in der Regel nur 1,5 cm. Die Steine werden mit Zementmörtel zusammengemauert. Die benachbarten Steine werden auch oft noch durch Stahl- oder Eisenklammern zusammengehalten (Fig. 358 und 359).

Porige feuerfeste Steine. Sie werden in derselben Weise verwandt wie die vorigen und ebenfalls als Voll- oder Hohlsteine hergestellt. Sie lassen sich bequem mit der Säge schneiden und nageln. Ihre Ränder greifen zuweilen falzartig ineinander. Die Verwendung ist einfach. Die Kosten für 1 qm Ummantelung belaufen sich auf 5 bis 7 Mark.

Korksteine. Sie werden aus zerkleinertem Kork mit einem mineralischen Bindemittel zusammengepresst und zeichnen sich durch ein sehr geringes spezifisches Gewicht aus (etwa 0,26). Man fertigt sie in Form gewöhnlicher Mauersteine, als Radialsteine, Platten und Schalen. Sie lassen sich sehr leicht bearbeiten und nageln. Für Ummantelungen werden die Steine aneinander genagelt und in den Fugen mit Zementmörtel verstrichen. Ueber diese Korkstein-Ummantelung bringt man ein Drahtgewebe, dem man durch untergelegte Korkstückchen einen Abstand von 0,5 cm von den Korksteinen gibt. Dies Gewebe wird dann von einem 1 bis 2 cm starken Zementverputz eingehüllt (Fig. 360).

Fig. 360.



Bei Ummantelung von Unterzügen können die Korksteine mittels Bindendraht und Hakennägeln an der Decke festgehalten werden.

Wegen seiner sehr porigen Beschaffenheit bildet Korkstein ein sehr gutes Isoliermittel gegen hohe Wärmegrade. Er gerät zwar langsam ins Glimmen,

wenn die Temperatur eine sehr hohe und langandauernde ist, kommt aber niemals zur Entflammung.

Bei grossen Feuersbrünsten und bei Brandproben haben sich Korksteinummantelungen stets gut bewährt.

**Kunststoffstein.** Derselbe wird für Ummantelungen in ähnlicher Weise verwandt wie die Korksteine. Kunststoffstein wird von der Firma Dr. L. Grote, Uelzen, nach D. R. P. aus Kieselgur, essigsaurer Tonerde, Mergel und Gips hergestellt. Er ist sehr porig, besitzt ein spez. Gewicht von 0,25 bis 0,40 und wird in Form von Steinen, Platten, Schalen usw. geliefert. Auch diese Steine lassen sich leicht nageln und sägen. Gewöhnliche Ummantelungen haben etwa eine Stärke von 4 bis 5 cm und werden mit einer 1 cm starken Putzschicht überzogen (Fig. 361).

Der Preis für 1 qm Ummantelung beträgt 3,50 bis 5 Mark.

#### Ummantelung von Dachkonstruktionen.

Hat das Dach und der tragende Binder eine einfache Form, so können die eisernen Sparren und Pfetten und die Stützen in derselben Weise ummantelt werden. Bei verwickelteren Bindern ist die Ummantelung aller einzelnen Teile schwierig und kostspielig. Man zieht es dann in der Regel vor, den ganzen Dachraum oder das ganze Dach durch eine feuersichere Schutzdecke nach unten hin abzusperren. Diese Schutzdecke aus Monier, Rabitz, Streckmetall, Drahtziegel usw. wird, wenn der Dachraum unbenutzt ist, an die unteren Gurte der Dachbinder aufgehängt.

In Amerika werden oft auch sämtliche Binderteile mit Terrakotten in der oben beschriebenen Weise ummantelt (Fig. 362 und 363).

#### Ummantelung der Eisenkonstruktion in Wänden.

Träger über Tür- und Fensteröffnungen werden in der Regel schon des Aussehens wegen ummauert oder mit Drahtgewebe eingehüllt und verputzt. Dasselbe kann mit Säulen geschehen.

**Eisenfachwerk.** Bei Eisenfachwerksbauten bildet wie bei den ummantelten Säulen und Trägern die Eisenkonstruktion ebenfalls den eigentlich tragenden Teil, während die Ausmauerung hauptsächlich der Raumabschliessung dient.

Gegen die schädliche Einwirkung des Feuers sind die Träger bis auf die äusseren Flächen der Flansche schon durch die Ummauerung geschützt. Will

Fig. 361.

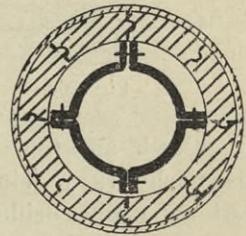


Fig. 363.

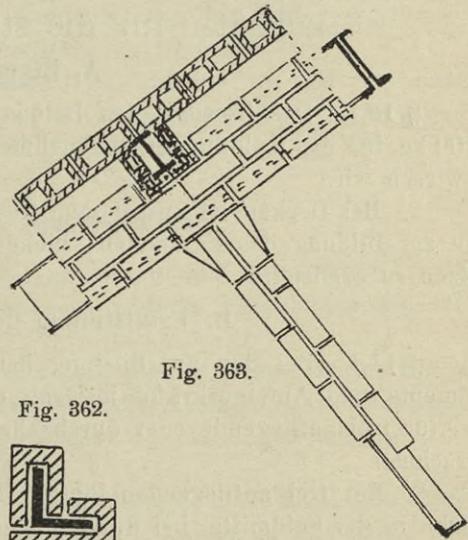


Fig. 362.



man diese Flächen der Einwirkung des Feuers ebenfalls entziehen, so kann man sie verputzen, nachdem sie mit Drahtgewebe überspannt sind, oder man macht die Wand so stark, dass auch der Flansch des Trägers noch im Mauerwerk liegt.

Fig. 364.

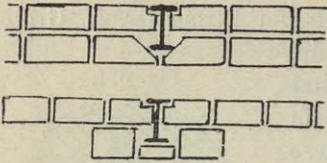
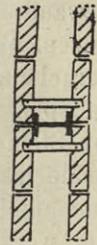


Fig. 365.

Nach anderem Verfahren führt man auch vor und hinter dem Eisenfachwerk je eine einen halben Stein starke Wand aus Mauerwerk auf, wobei beide Wände durch eingelegte Flacheisen aneinander festgehalten werden. Aehnliche Anordnung zeigten die oben beschriebenen Wände mit Verblendung nach System Prüss.

Auch Monierwände und dergl. können zu beiden Seiten des Eisenfachwerks aufgeführt werden (Fig. 364 bis 366)<sup>1)</sup>.

Fig. 366.



## Leitsätze für die statische Berechnung.

### A. Eigengewicht.

§ 13,1. Das Gewicht des Betons einschliesslich der Eiseneinlagen ist zu 2400 kg für das Kubikmeter anzunehmen, sofern nicht ein anderes Gewicht nachgewiesen wird.

2. Bei Decken ist ausser dem Gewicht der tragenden Bauteile das Gewicht der zur Bildung des Fussbodens dienenden Baustoffe nach bekannten Einheitsätzen zu ermitteln.

### B. Ermittlung der äusseren Kräfte.

§ 14,1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen sind die Angriffsmomente und Auflagerkräfte je nach der Art der Belastung und Auflagerung den für frei aufliegende oder durchgehende Balken geltenden Regeln gemäss zu berechnen.

2. Bei frei aufliegenden Platten ist die Freilänge zuzüglich der Deckenstärke in der Feldmitte, bei durchgehenden Platten die Entfernung zwischen den Mitten der Stützen als Stützweite in die Berechnung einzuführen. Bei Balken gilt die um die erforderliche Auflagerlänge vergrösserte freie Spannweite als Stützweite.

3. Bei Platten und Balken, die über mehrere Felder durchgehen, darf, falls die wirklich auftretenden Momente und Auflagerkräfte nicht rechnerisch nach den für durchgehende Balken geltenden Regeln unter Voraussetzung freier Auflagerung auf den Mittel- und Endstützen oder durch Versuche nachgewiesen werden, das Biegemoment in den Feldmitten zu vier Fünfteln des Wertes an-

<sup>1)</sup> Schutz von Eisenkonstruktionen gegen Feuer. Von H. Hayn. Berlin. Julius Springer. 1904.

genommen werden, der bei einer auf zwei Stützen frei aufliegenden Platte vorhanden sein würde. Ueber den Stützen ist dann das negative Biegemoment so gross, wie das Feldmoment bei beiderseits freier Auflagerung anzunehmen. Als durchgehend dürfen nach dieser Regel Platten und Balken nur dann berechnet werden, wenn sie überall auf festen, in einer Ebene liegenden Stützen oder auf Eisenbetonbalken aufliegen. Bei Anordnung der Eiseneinlagen ist unter allen Umständen die Möglichkeit des Auftretens negativer Momente sorgfältig zu berücksichtigen.

4. Bei Balken darf ein Einspannungsmoment an den Enden nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn besondere bauliche Vorkehrungen eine sichere Einspannung nachweislich gewährleisten.

5. Die rechnerische Annahme des Zusammenhanges darf nicht über mehr als drei Felder ausgedehnt werden. Bei Nutzlasten von mehr als 1000 kg/qm ist die Berechnung auch für die ungünstigste Lastverteilung anzustellen.

6. Bei Plattenbalken darf die Breite des plattenförmigen Teiles von der Balkenmitte ab nach jeder Seite mit nicht mehr als einem Sechstel der Balkenlänge in Rechnung gestellt werden.

7. Ringsum aufliegende, mit sich kreuzenden Eiseneinlagen versehene Platten können bei gleichmässig verteilter Belastung, wenn ihre Länge  $a$  weniger als das Ein- und Einhalbfache ihrer Breite  $b$  beträgt, nach der Formel  $M = \frac{p b^2}{12}$

berechnet werden. Gegen negative Angriffsmomente an den Auflagern sind Vorkehrungen durch Form und Lage der Eisenstäbe zu treffen.

8. Die rechnerungsmässig sich ergebende Dicke der Platten und der plattenförmigen Teile der Plattenbalken ist überall auf mindestens 8 cm zu bringen.

9. Bei Stützen ist auf die Möglichkeit einseitiger Belastung Rücksicht zu nehmen.

### C. Ermittlung der inneren Kräfte.

§ 15,1. Das Elastizitätsmafs des Eisens ist zu dem Fünfzehnfachen von dem des Betons anzunehmen, wenn nicht ein anderes Elastizitätsmafs nachgewiesen wird.

2. Die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Körpers sind unter der Annahme zu berechnen, dass sich die Ausdehnungen wie die Abstände von der Nulllinie verhalten, und dass die Eiseneinlagen sämtliche Zugkräfte aufzunehmen vermögen.

3. Bei Bauten oder Bauteilen, die der Witterung, der Nässe, den Rauchgasen und ähnlichen schädlichen Einflüssen ausgesetzt sind, ist ausserdem nachzuweisen, dass das Auftreten von Rissen im Beton durch die vom Beton zu leistenden Zugspannungen vermieden wird.

4. Schubspannungen sind nachzuweisen, wenn Form und Ausbildung der Bauteile ihre Unschädlichkeit nicht ohne weiteres erkennen lassen. Sie müssen, wenn zu ihrer Aufnahme keine Mittel in der Anordnung der Bauteile selbst gegeben sind, durch entsprechend gestaltete Eiseneinlagen aufgenommen werden.

5. Die Eiseneinlagen sind möglichst so zu gestalten, dass die Verschiebung gegen den Beton schon durch ihre Form verhindert wird. Die Haftspannung ist stets rechnerisch nachzuweisen.

6. Die Berechnung der Stützen auf Knicken soll erfolgen, wenn ihre Höhe mehr als das Achtzehnfache der kleinsten Querschnittsabmessung beträgt. Durch Querverbände ist der Abstand der eingelegten Eisenstäbe unveränderlich gegeneinander festzulegen. Der Abstand dieser Querverbände muss annähernd der kleinsten Abmessung der Stützen entsprechen, darf aber nicht über das Dreissigfache der Stärke der Längsstäbe hinausgehen.

7. Zur Berechnung der Stützen auf Knicken ist die Euler'sche Formel anzuwenden.

#### D. Zulässige Spannungen.

§ 16,1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen soll die Druckspannung des Betons den sechsten Teil seiner Druckfestigkeit, die Zug- und Druckspannung des Eisens den Betrag von 1000 kg/qcm nicht übersteigen.

2. Wird in den unter § 15, Ziffer 3, bezeichneten Fällen die Zugspannung des Betons in Anspruch genommen, so sind als zulässige Spannung zwei Drittel der durch Zugversuche nachgewiesenen Zugfestigkeit des Betons anzunehmen. Bei fehlendem Zugfestigkeitsnachweis darf die Zugspannung nicht mehr als ein Zehntel der Druckfestigkeit betragen.

3. Dabei sind folgende Belastungswerte anzunehmen:

- a) Bei mässig erschütterten Bauteilen, z. B. bei Decken von Wohngebäuden, Geschäftsräumen, Warenhäusern: die wirklich vorhandene Eigen- und Nutzlast;
- b) bei Bauteilen, die stärkeren Erschütterungen oder stark wechselnder Belastung ausgesetzt sind, wie z. B. bei Decken in Versammlungsräumen, Tanzsälen, Fabriken, Lagerhäusern: die wirkliche Eigenlast und die bis zu fünfzig v. H. erhöhte Nutzlast;
- c) bei Belastungen mit starken Stößen, wie z. B. bei Kellerdecken unter Durchfahrten und Höfen: die wirkliche Eigenlast und die bis zu hundert v. H. erhöhte Nutzlast.

4. In Stützen darf der Beton mit nicht mehr als einem Zehntel seiner Druckfestigkeit beansprucht werden. Bei Berechnung der Eiseneinlagen auf Knicken ist fünffache Sicherheit nachzuweisen.

5. Die Schubspannung des Betons darf das Maß von 4,5 kg/qcm nicht überschreiten. Wird grössere Schubfestigkeit nachgewiesen, so darf die auftretende Spannung nicht über ein Fünftel dieser Festigkeit hinausgehen.

6. Die Haftspannung darf die zulässige Schubspannung nicht überschreiten.

## Rechnungsverfahren mit Beispielen.

### A. Reine Biegung.

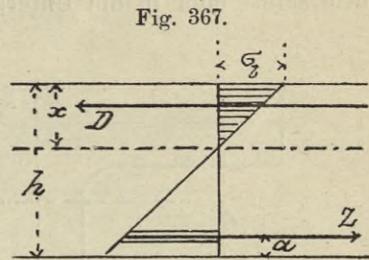
a) Ohne Berücksichtigung der Betonzugspannungen.

Bei einfacher Eiseneinlage vom Gesamtquerschnitt  $f_e$  auf die Balken- oder Plattenbreite  $b$  ergibt sich, wenn das Verhältnis der Elastizitätsmasse des Eisens und des Betons mit  $n$  bezeichnet wird, der Abstand der Nulllinie von der Ober-

kante aus der Gleichung der statischen Momente der Flächenelemente für die Nulllinie (Fig. 367).

In den folgenden Formeln bezeichnet:

- h die Gesamthöhe des Querschnitts,  
 a den Abstand der Eiseneinlage von der  
 Unterkante des Querschnitts,  
 $\varepsilon_b$ ,  $\varepsilon_e$  und  $\sigma_b$ ,  $\sigma_e$  die Ausdehnung bzw.  
 die Spannung der obersten Beton-  
 faser bzw. der Eiseneinlage,  
 $E_b$  und  $E_e$  die Elastizitätszahlen beider  
 Stoffe.



Da die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Körpers unter der Annahme zu berechnen sind, dass sich die Ausdehnungen wie die Abstände von der Nulllinie erhalten, d. h. dass die Querschnitte nach der Biegung eben bleiben, so ist:

$$\varepsilon_b : x = \varepsilon_e : h - a - x \text{ also } \varepsilon_b = \frac{x \cdot \varepsilon_e}{h - a - x}.$$

Die Summe der Zugspannungen ist gleich der Summe der Druckspannungen; also:

$$b \cdot x \cdot \frac{\sigma_b}{2} = f_e \sigma_e$$

oder, da  $\sigma_b = \varepsilon_b \cdot E_b$  und  $\sigma_e = \varepsilon_e \cdot E_e$  ist:

$$\frac{b x}{2} \cdot \varepsilon_b \cdot E_b = f_e \cdot \varepsilon_e \cdot E_e$$

Für  $\varepsilon_b$  den oben gefundenen Wert eingesetzt gibt:

$$\frac{b x}{2} \cdot \frac{x \cdot \varepsilon_e}{h - a - x} = f_e \cdot \varepsilon_e \cdot \frac{E_e}{E_b}; \text{ oder da } \frac{E_e}{E_b} = n:$$

$$1) \quad \frac{b x^2}{2} = n f_e (h - a - x).$$

Hieraus ergibt sich der Abstand der Nulllinie von der Oberkante zu

$$2) \quad x = \frac{n f_e}{b} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 b (h - a)}{n f_e}} - 1 \right].$$

Aus der Gleichsetzung der Momente der äusseren und inneren Kräfte folgt dann

$$3) \quad M = \sigma_b \frac{x}{2} b \left( h - a - \frac{x}{3} \right) = \sigma_e f_e \left( h - a - \frac{x}{3} \right),$$

worin  $\sigma$  die grösste Betondruckspannung und  $\sigma_e$  die mittlere Eisenzugspannung bedeutet. Hieraus folgt

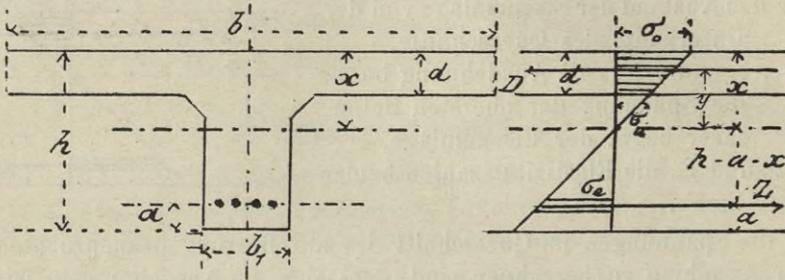
$$4) \quad \sigma_b = \frac{2 M}{b x \left( h - a - \frac{x}{3} \right)}; \quad 5) \quad \sigma_e = \frac{M}{f_e \left( h - a - \frac{x}{3} \right)}.$$

Unter Umständen kommen auch folgende leicht ablesbare Gleichungen in Betracht:

$$6) \quad \underline{x} = \frac{n(h-a) \sigma_b}{\sigma_e + n \sigma_b}; \quad 7) \quad \underline{\frac{b x}{2}} \cdot \sigma_b = \sigma_e f_e.$$

Plattenbalken. Bei T-förmigen Querschnitten, sogen. Plattenbalken, unterscheidet sich die Berechnung nicht von der vorigen, wenn die Nulllinie in die Platte selbst oder in die Unterkante der Platte fällt.

Fig. 368.



Geht die Nulllinie durch den Steg, so können die geringen im Steg auftretenden Druckspannungen vernachlässigt werden.

Dann ist (Fig. 368):

$$8) \quad \sigma_u = \frac{x-d}{x} \sigma_o; \text{ da } \sigma_u : x-d = \sigma_o : x,$$

$$9) \quad \sigma_e = n \cdot \frac{h-a-x}{x} \sigma_o; \text{ da } \frac{\sigma_e}{n} : h-a-x = \sigma_o : x;$$

$$10) \quad \frac{\sigma_o + \sigma_u}{2} b d = \sigma_e f_e,$$

oder nach Einsetzen der Werte von  $\sigma_u$  und  $\sigma_e$  aus den Gleichungen 8) und 9) in Gleichung 10):

$$11) \quad x = \frac{b d^2}{2} + n f_e (h-a) \cdot \frac{1}{b d + n f_e}.$$

Da der Abstand des Schwerpunktes des Drucktrapezes von der Oberkante

$$12) \quad x - y = \frac{d}{3} \cdot \frac{\sigma_o + 2 \sigma_u}{\sigma_o + \sigma_u}$$

ist, so wird nach Einsetzen des Wertes von  $\sigma_u$  in Gleichung 8):

$$13) \quad y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2x-d)} = \frac{2}{3} \left( x + \frac{(x-d)^2}{2x-d} \right),$$

$$14) \quad \sigma_e = \frac{M}{f_e (h-a-x+y)},$$

$$15) \quad \sigma_o = \frac{x}{n(h-a-x)} \cdot \sigma_e.$$

Obere Eiseneinlage. Erhalten Balken und Platten auch obere Eiseneinlagen, so kommen folgende Gleichungen zur Anwendung (Fig. 369):

$$16) \quad \frac{b x^2}{2} - f'_e (x-a) + n f'_e (x-a) = n f_e (h-a-x),$$

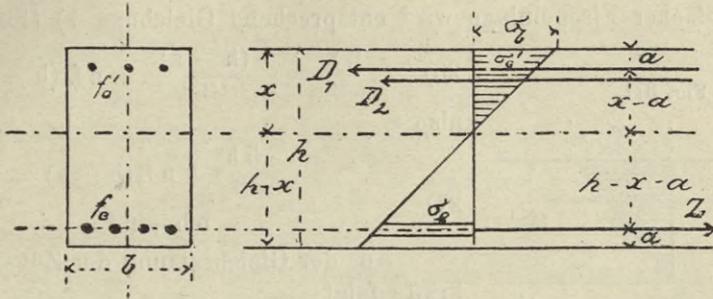
woraus

$$17) \quad x = -\frac{(n-1) f'_e + n f_e}{b} + \sqrt{\left( \frac{(n-1) f'_e + n f_e}{b} \right)^2 + \frac{2}{b} \left[ (n-1) f'_e a + n f_e (h-a) \right]}$$

Für das Angriffsmoment:

$$18) \quad M = \frac{b x}{2} \sigma_b \left( h - a - \frac{x}{3} \right) - f'_e \sigma'_b (h - 2a) + f'_e \sigma'_e (h - 2a)$$

Fig. 369.



Hierin bedeutet  $\sigma'_b$  die Betondruckspannung in mittlerer Höhe der oberen Eiseneinlage und ist bestimmt durch

$$\sigma'_b = \frac{x - a}{x} \sigma_b.$$

Da ferner  $\sigma'_e = \frac{n(x - a)}{x} \sigma_b$ , so wird

$$19) \quad M = \left[ \frac{b x}{2} \left( h - a - \frac{x}{3} \right) + (n - 1) f'_e \cdot \frac{x - a}{x} (h - 2a) \right] \sigma_b.$$

Vernachlässigt man die geringe Querschnittsverminderung des Betondruckgutes durch die oberen Eiseneinlagen, so geht Gleichung 17) über in

$$20) \quad x = -\frac{n(f_e + f'_e)}{b} + \sqrt{\left( \frac{n(f_e + f'_e)}{b} \right)^2 + \frac{2n}{b} (f'_e \cdot a + f_e (h - a))}$$

und Gleichung 19) in

$$21) \quad M = \left[ \frac{b x}{2} \left( h - a - \frac{x}{3} \right) + n f'_e \frac{x - a}{x} (h - 2a) \right] \sigma_b.$$

Hat man bei gegebenem Angriffsmoment aus Gleichung 21)  $\sigma_b$  berechnet, so finden sich die Spannungen  $\sigma_e$  und  $\sigma'_e$  leicht aus dem Gesetz, dass sich die Spannungen wie die Abstände von der Nulllinie verhalten. Hat man bei gegebener Betondruckspannung  $\sigma_b$  den Wert des Angriffsmoments ermittelt, so finden sich die Spannungen  $\sigma_e$  und  $\sigma'_e$  aus

$$22) \quad M = f_e \sigma_e \left( h - a - \frac{x}{3} \right) \pm f'_e \sigma'_e \left( \frac{x}{3} - a \right)$$

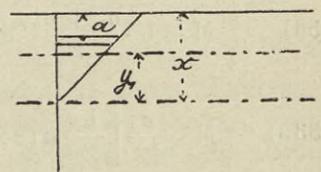
oder da 
$$\sigma'_e = \frac{x - a}{h - a - x} \sigma_e,$$

$$23) \quad M = \left[ f_e \left( h - a - \frac{x}{3} \right) \pm f'_e \frac{x - a}{h - a - x} \left( \frac{x}{3} - a \right) \right] \sigma_e.$$

Man kann auch den gemeinsamen Schwerpunkt des Betons und der Eiseneinlage in der Druckzone bestimmen aus (Fig. 370)

$$24) \quad \underline{y_1} = \frac{\frac{b x}{2} \cdot \frac{2}{3} x \sigma_b + \sigma'_e f'_e (x - a)}{\frac{b x}{2} \sigma_b + \sigma'_e f'_e} = \frac{\frac{b x^3}{3} + n f'_e (x - a)^2}{\frac{b x^2}{2} + n f'_e (x - a)}$$

Fig. 370.



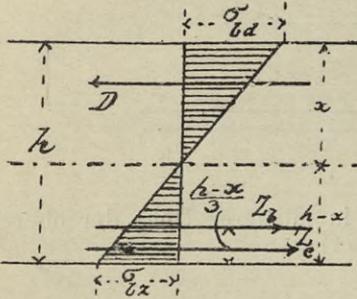
dann wird

$$25) \quad M = f_e \sigma_e (h - a - x + y_1).$$

b) Mit Berücksichtigung der Betonzugspannungen.

Bei einfacher Eiseneinlage wird entsprechend Gleichung 1) (Fig. 371):

Fig. 371.



$$26) \quad \frac{b x^2}{2} = \frac{b (h-x)^2}{2} + n f_e (h-a-x),$$

also

$$27) \quad x = \frac{\frac{b h^2}{2} + n f_e (h-a)}{b h + n f_e}.$$

Aus der Gleichsetzung der Zug- und Druckkräfte folgt

$$28) \quad \frac{b x}{2} \sigma_{bd} = b \cdot \frac{h-x}{2} \sigma_{bz} + \sigma_e f_e$$

und aus der Proportionalität von Dehnungen und Spannungen

$$29) \quad \sigma_{bz} = \frac{h-x}{x} \cdot \sigma_{bd}$$

$$29a) \quad \sigma_e = n \cdot \frac{h-a-x}{x} \cdot \sigma_{bd}.$$

Die Momentengleichung für die Nulllinie wird dann:

$$30) \quad M = \frac{b x}{2} \sigma_{bd} \cdot \frac{2}{3} x + b \cdot \frac{h-x}{2} \sigma_{bz} \cdot \frac{2}{3} (h-x) + \sigma_e f_e (h-a-x),$$

woraus mit Hilfe von Gleichung 29) und 29a) folgt:

$$31) \quad M = \frac{\sigma_{bd}}{x} \left[ \frac{b x^3}{3} + \frac{b (h-x)^3}{3} + n f_e (h-a-x)^2 \right].$$

Ist M gegeben, so folgt zunächst aus Gleichung 31)  $\sigma_{bd}$  und dann mit Gleichung 29) und 29a)  $\sigma_{bz}$  und  $\sigma_e$ .

Bei Plattenbalken wird, wenn die Nulllinie durch den Steg geht:

$$32) \quad x = \frac{b_1 \frac{h^2}{2} + (b-b_1) \frac{d^2}{2} + n f_e (h-a)}{b_1 h + (b-b_1) d + n f_e},$$

$$33) \quad M = b \cdot \frac{\sigma_o + \sigma_u}{2} \cdot d \cdot y + b_1 \frac{\sigma_u}{2} \cdot \frac{2}{3} (x-d)^2 + b_1 \cdot \frac{h-x}{2} \cdot \sigma_{bz} \cdot \frac{2}{3} (h-x) + \sigma_e f_e (h-a-x),$$

$$33a) \quad M = \frac{\sigma_o}{x} \left[ \frac{b}{2} \cdot d (2x-d) \cdot y + \frac{b_1}{3} \left( (x-d)^3 + (h-x)^3 \right) + n f_e (h-a-x)^2 \right]$$

$$34) \quad \sigma_{bz} = \frac{h-x}{x} \cdot \sigma_o$$

$$34a) \quad \sigma_e = n \cdot \frac{h-a-x}{x} \cdot \sigma_o.$$

Zur Ermittlung der Querschnittsabmessungen bei gegebenem Angriffsmoment sind diese Gleichungen sehr unbequem. Sind  $b$ ,  $b_1$ ,  $h$  und  $f_e$  gegeben,

## Zusammenstellung I.

Werte von $f_e$	Zugehörige Werte von $x$	Spannungen $\sigma_b$	Spannungen $\sigma_e$
$\frac{b(h-a)}{100}$	0,418 (h - a)	$5,559 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$116 \frac{M}{b(h-a)^2} = 20,867 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{110}$	0,403 (h - a)	$5,735 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$127 \frac{M}{b(h-a)^2} = 22,145 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{120}$	0,391 (h - a)	$5,895 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$138 \frac{M}{b(h-a)^2} = 23,409 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{130}$	0,379 (h - a)	$6,040 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$149 \frac{M}{b(h-a)^2} = 24,668 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{140}$	0,368 (h - a)	$6,194 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$160 \frac{M}{b(h-a)^2} = 25,831 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{150}$	0,358 (h - a)	$6,344 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$170 \frac{M}{b(h-a)^2} = 26,797 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{160}$	0,349 (h - a)	$6,485 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$181 \frac{M}{b(h-a)^2} = 27,911 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{170}$	0,341 (h - a)	$6,617 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$192 \frac{M}{b(h-a)^2} = 29,016 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{180}$	0,333 (h - a)	$6,756 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$203 \frac{M}{b(h-a)^2} = 30,049 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{190}$	0,326 (h - a)	$6,883 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$213 \frac{M}{b(h-a)^2} = 30,946 \sigma_b$
$\frac{b(h-a)}{200}$	0,320 (h - a)	$7,000 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2}$	$224 \frac{M}{b(h-a)^2} = 32,000 \sigma_b$

Der Ausdruck für  $f_e$  findet sich aus Gleichung 5) zu

$$f_e = \frac{M}{\sigma_e \left( h - a - \frac{s(h-a)}{3} \right)}$$

oder wenn  $h - a = r \sqrt{\frac{M}{b}}$  eingesetzt wird zu

$$42) \quad \underline{f_e} = \frac{1}{r \left( 1 - \frac{s}{3} \right) \sigma_e} \cdot \sqrt{M \cdot b} = \underline{t \cdot \sqrt{M \cdot b}}$$

Die hiernach für verschiedene Spannungen  $\sigma_e$  und  $\sigma_b$  sich ergebenden Werte von  $x$ ,  $h - a$  und  $f_e$  zeigt nebenstehende Zusammenstellung. II

Bei Plattenbalken lassen sich die Zusammenstellungen ebenfalls anwenden, wenn die Nulllinie in die Unterkante der Platte fällt, oder wenn man eine solche Lage der Nulllinie zur Bedingung macht.

### B. Zentrischer Druck.

Ist  $F$  der Querschnitt der gedrückten Betonfläche und  $f_e$  der der gesamten gedrückten Eiseneinlage, so wird die zulässige Belastung:

$$43) \quad P = (F + n f_e) \sigma_b, \text{ also}$$

## Zusammenstellung II.

Werte in kg/qcm von		Zugehörige Werte von $x = s(h - a)$	Zugehörige Werte von $h - a = r \sqrt{\frac{M}{b}}$	Zugehörige Werte von $f_a = t \sqrt{M b}$
$\sigma_a$	$\sigma_b$			
1000	45	0,403 (h - a)	0,357 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00324 $\sqrt{M b}$
1000	44	0,398 (h - a)	0,363 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00317 $\sqrt{M b}$
1000	42	0,387 (h - a)	0,376 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00306 $\sqrt{M b}$
1000	40	0,375 (h - a)	0,390 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00293 $\sqrt{M b}$
1000	38	0,363 (h - a)	0,406 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00280 $\sqrt{M b}$
1000	36	0,351 (h - a)	0,423 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00267 $\sqrt{M b}$
1000	34	0,338 (h - a)	0,443 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00254 $\sqrt{M b}$
1000	32	0,325 (h - a)	0,464 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00242 $\sqrt{M b}$
1000	30	0,310 (h - a)	0,490 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00228 $\sqrt{M b}$
1000	28	0,296 (h - a)	0,518 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00214 $\sqrt{M b}$
1000	26	0,280 (h - a)	0,550 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00200 $\sqrt{M b}$
1000	24	0,265 (h - a)	0,558 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00187 $\sqrt{M b}$
1000	22	0,248 (h - a)	0,632 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00173 $\sqrt{M b}$
1000	20	0,230 (h - a)	0,686 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00159 $\sqrt{M b}$
900	40	0,400 (h - a)	0,380 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00337 $\sqrt{M b}$
900	35	0,368 (h - a)	0,420 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00302 $\sqrt{M b}$
900	30	0,333 (h - a)	0,475 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00263 $\sqrt{M b}$
900	25	0,294 (h - a)	0,549 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00224 $\sqrt{M b}$
900	20	0,250 (h - a)	0,660 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00184 $\sqrt{M b}$

und macht man zur Voraussetzung, dass die Nulllinie in die Unterkante der Platte fällt, so wird:

$$35) \quad \frac{b x^2}{2} = b_1 \frac{(h-x)^2}{2} + n f_e (h-a-x),$$

woraus

$$36) \quad \frac{b-b_1}{2} \cdot x^2 + (b_1 h + n f_e) x = \frac{b_1 h^2}{2} + n f_e (h-a).$$

Hieraus ist  $x$ , also die Plattenstärke zu finden.

Die auftretenden Spannungen finden sich dann aus

$$37) \quad M = \frac{\sigma_o}{x} \left[ \frac{b x^3}{3} + b_1 \frac{(h-x)^3}{3} + n f_e (h-a-x)^2 \right]$$

sowie aus den Gleichungen 34) und 34a).

Obere Einlage. Werden Eisenstäbe auch in der Druckzone angebracht, so wird bei Balken und Platten (Fig. 372)

$$38) \quad x = \frac{\frac{b h^2}{2} + (n-1)[f_e' \cdot a + f_e(h-a)]}{b h + (n-1)(f_e' + f_e)}$$

$$39) \quad M = \left[ \frac{b x^3}{3} + \frac{b(h-x)^3}{3} + (n-1)[f_e'(x-a)^2 + f_e(h-a-x)^2] \right] \frac{\sigma_{bd}}{x}.$$

Sind die oberen und unteren Eisenstäbe von gleichem Querschnitt, so wird

$$x = \frac{h}{2} \text{ und}$$

$$40) \quad M = \left[ \frac{b h^2}{6} + \frac{4(n-1) \cdot f_e}{h} \left( \frac{h}{2} - a \right)^2 \right] \sigma_{bd}.$$

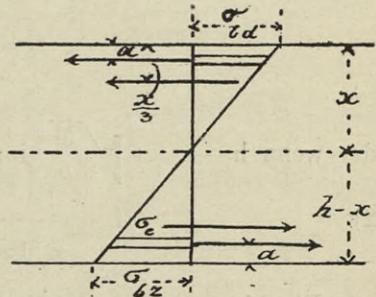
Für die am häufigsten vorkommenden Bauteile, Platten und Balken von rechteckigem Querschnitt und mit Eiseneinlagen nur auf der Zugseite, lassen sich Vereinfachungen der Ausdrücke 2), 4) und 5) auf folgende Weise erzielen. Ist das Angriffsmoment sowie der Querschnitt des Betonkörpers und der Eisenstäbe gegeben, und will man hiernach die auftretenden Spannungen ermitteln, so werde zur Vereinfachung  $f_e = \frac{b(h-a)}{m}$  gesetzt, wobei  $\underline{m} = \frac{b(h-a)}{f_e}$  aus den

gegebenen Abmessungen zu erhalten ist. Für verschiedene Werte  $m$  lässt sich hiernach Zusammenstellung I (Seite 210) der zugehörigen Werte von  $x$ ,  $\sigma_b$  und  $\sigma_o$  benutzen.

Werden bei gegebenem Angriffsmoment und angenommenen Beton- und Eisenspannungen die Querschnittsabmessungen gesucht, so findet sich aus Gleichung 6) zunächst  $x = s(h-a)$ , wenn  $\underline{s} = \frac{n \sigma_b}{\sigma_o + n \sigma_b}$  gesetzt wird. Dieser Wert in Gleichung 4) eingesetzt, ergibt

$$41) \quad \underline{h-a} = \sqrt{\frac{2}{\left(1 - \frac{s}{3}\right) s \cdot \sigma_b}} \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} = r \sqrt{\frac{M}{b}}$$

Fig. 372.



Werte in kg/qcm von		Zugehörige Werte von $x = s(h - a)$	Zugehörige Werte von $h - a = r \sqrt{\frac{M}{b}}$	Zugehörige Werte von $f_e = t \sqrt{M b}$
$\sigma_a$	$\sigma_b$			
800	40	0,429 (h - a)	0,367 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00397 $\sqrt{M b}$
800	35	0,396 (h - a)	0,408 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00353 $\sqrt{M b}$
800	30	0,360 (h - a)	0,459 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00309 $\sqrt{M b}$
800	25	0,319 (h - a)	0,530 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00264 $\sqrt{M b}$
800	20	0,273 (h - a)	0,635 $\sqrt{\frac{M}{b}}$	0,00217 $\sqrt{M b}$

44) 
$$\sigma_b = \frac{P}{F + n f_e},$$

45) 
$$\sigma_a = n \sigma_b = \frac{n P}{F + n f_e}.$$

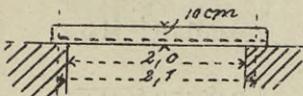
**C. Exzentrischer Druck.**

Die Berechnung erfolgt wie bei homogenem<sup>1)</sup> Baustoff, wenn in den Ausdrücken für die Querschnittsfläche und das Trägheitsmoment der Querschnitt der Eiseneinlagen mit seinem n-fachen Werte zum Betonquerschnitt hinzugerechnet wird. Auftretende Zugspannungen müssen durch die Eiseneinlagen aufgenommen werden können.

**D. Beispiele.**

1. Bei einer 2 m weit freiliegenden Wohnhausdecke von 10 cm Stärke und mit Eiseneinlagen von 5,02 qcm Querschnitt auf 1 m Deckenbreite (10 Stück Rundeißen von je 8 mm Durchmesser) und mit 1,5 cm Abstand der Balkenunterkante von der Mitte der Eisenstäbe sollen die auftretenden grössten Spannungen im Beton und im Eisen ermittelt werden (Fig. 373).

Fig. 373.



Das Eigengewicht der Decke für 1 qm ist  $0,10 \cdot 2400 = 240$  kg, dazu Ueberschüttung mit gewalzter Schlacke

in 10 cm Stärke . . . . .	60	„
3,3 cm starker Holzfussboden mit Lagern . . . . .	20	„
1,2 cm starker Putz . . . . .	20	„
Nutzlast . . . . .	250	„
	590	zusammen

Dann ist

$$M = \frac{590 \cdot 2,1^2 \cdot 100}{8} = 32500 \text{ kgcm,}$$

<sup>1)</sup> homogen = gleichartig.

$$x = \frac{15 \cdot 5,02}{100} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 8,5}{15 \cdot 5,02}} - 1 \right] = 2,9 \text{ cm,}$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 32500}{100 \cdot 2,9 (8,5 - 0,97)} = 29,8 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = \frac{32500}{5,02 (8,5 - 0,97)} = 860 \text{ kg/qcm}$$

nach den Gleichungen 2), 4) und 5).

Die Betondruckspannung von 29,8 kg/qcm ist zulässig, wenn der verwendete Beton eine Druckfestigkeit von  $6 \cdot 29,8 = 178,6$  kg/qcm besitzt.

Bei Benutzung der Zusammenstellung I findet sich, da  $f_e = 5,02$ , also

$$m = \frac{b(h-a)}{f_e} = \frac{100 \cdot 8,5}{5,02} = \text{rd } 170 \text{ ist,}$$

$$\sigma_b = 6,617 \cdot \frac{M}{b(h-a)^2} = 6,617 \cdot \frac{32500}{100 \cdot 8,5^2} = 29,8 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = 29,016 \cdot \sigma_b = 29,016 \cdot 29,8 = 865 \text{ kg/qcm.}$$

Um die auftretenden Schub- und Haftspannungen am Auflager zu untersuchen, ist zunächst die Schubkraft  $V = \frac{590 \cdot 2,00}{2} = 590$  kg zu ermitteln. Die

Schubspannung ist dann  $\tau_0 = \frac{V}{b\left(h-a-\frac{x}{3}\right)} = \frac{590}{100\left(8,5-\frac{2,9}{3}\right)} = 0,78$  kg/qcm.

Dann ist die Haftspannung:

$$\tau_1 = \frac{b \cdot \tau_0}{u},$$

wo  $u$  den Umfang der Eiseneinlagen bedeutet:

$$\tau_1 = \frac{100 \cdot 0,78}{10 \cdot 0,8 \cdot 3,14} = 3,10 \text{ kg/qcm.}$$

Weder Schub- noch Haftspannung erreicht die zulässigen Werte.

2. Es sei eine frei aufliegende ebene Deckenplatte mit einfacher Eiseneinlage von 2 m Spannweite gegeben. Die Nutzlast sei 1000 kg/qm für ein Fabrikgebäude. Die erforderliche Stärke der Betonplatte und der Eiseneinlage soll unter der Voraussetzung ermittelt werden, dass der zu verwendende Beton eine Druckfestigkeit von 180 kg/qcm besitzt.

Für die Berechnung des Eigengewichts der Decke werde die Dicke der Platte einstweilen zu 18 cm angenommen, so dass die in Rechnung zu stellende Stützweite 2,18 m ist.

Das Eigengewicht der Platte für 1 qm ist  $0,18 \cdot 2400 = 432$  kg  
dazu Ueberschüttung mit gewalzter Schlacke, in

20 cm Höhe . . . . .	120 „
2,5 cm starker Zementestrich, rund . . . . .	48 „
	zusammen 600 kg.

Dann ist:

$$M = \frac{600 + 1,5 \cdot 1000}{8} \cdot 2,18^2 \cdot 100 = 124700 \text{ kgcm.}$$

Da  $\sigma_b = \frac{180}{6} = 30$  und  $\sigma_e = 1000$  kg/qcm zulässig sind, so wird nach Gleichung 6):

$$x = \frac{n(h-a)\sigma_b}{\sigma_e + n\sigma_b} = \frac{15 \cdot 30}{1000 + 15 \cdot 30}(h-a) = 0,31(h-a)$$

und nach Gleichung 41):

$$h-a = \sqrt{\frac{2}{\left(1 - \frac{s}{3}\right)s \cdot \sigma_b}} \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{2}{\left(1 - \frac{0,31}{3}\right) \cdot 0,31 \cdot 30}} \cdot \sqrt{\frac{124700}{100}} \\ = 17,3 \text{ cm.}$$

$f_e$  findet sich nach Gleichung 1) zu

$$f_e = \frac{b x^2}{2n(h-a-x)} = \frac{100 \cdot 0,31^2 \cdot 17,3^2}{2 \cdot 15(17,3 - 0,31 \cdot 17,3)} = 8 \text{ qcm.}$$

Es sind 9 Stück Rundeisen von 11 mm Durchmesser mit einem Gesamtquerschnitt von 8,55 qcm zu verwenden. Die Gesamtdeckenstärke ist wegen der erforderlichen Deckung der Eisen auf 19 cm zu vergrößern.

Aus der Zusammenstellung II hätte sich für  $\sigma_e = 1000$  und  $\sigma_b = 30$  gefunden:

$$h-a = r \sqrt{\frac{M}{b}} = 0,490 \sqrt{\frac{124700}{100}} = 0,49 \sqrt{1247} = 17,3 \text{ cm,}$$

$$f_e = t \sqrt{M b} = 0,00228 \sqrt{M b} = 0,00228 \sqrt{12470000} = 8 \text{ qcm.}$$

Die Querkraft am Auflager ist

$$V = 600 + 1,5 \cdot 1000 = 2100 \text{ kg.}$$

Die Schubspannung

$$\tau_0 = \frac{V}{b\left(h-a-\frac{x}{3}\right)} = \frac{2100}{100\left(17,3 - \frac{0,31 \cdot 17,3}{3}\right)} = 1,36 \text{ kg/qcm.}$$

Die Haftspannung  $\tau_1 = \frac{b \cdot \tau_0}{u}$

$$\tau_1 = \frac{100 \cdot 1,36}{9 \cdot 1,1 \cdot 3,14} = 4,38 \text{ kg/qcm.}$$

3. Die unter 2. berechnete Decke werde darauf untersucht, welche Spannungen unter der Voraussetzung entstehen, dass der Beton Zugspannungen aufzunehmen vermag.

Nach Gleichung 27) ist für die Mitwirkung des Betons auf Zug

$$x = \frac{\frac{b h^2}{2} + n f_e (h-a)}{b h + n f_e} = \frac{\frac{100 \cdot 19^2}{2} + 15 \cdot 8,55 \cdot 17,3}{100 \cdot 19 + 15 \cdot 8,55} = 10,02 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 31):

$$\sigma_{bd} = \frac{124700 \cdot 10,02}{\frac{100 \cdot 10,02^3}{3} + \frac{100 \cdot 8,98^3}{3} + 15 \cdot 8,55 \cdot 7,28^2} = 19,4 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_{bz} = \frac{19 - 10,02}{10,02} \cdot 19,4 = 17,4 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = \frac{15(17,3 - 10,02)}{10,02} \cdot 19,4 = 211,4 \text{ kg/qcm.}$$

Die Zugspannung des Betons von 17,4 kg/qcm ist zulässig, wenn eine Zugfestigkeit von  $\frac{3}{2} \cdot 17,4 = 26,1$  kg/qcm durch Zugversuche nachgewiesen wird; ist dieser Nachweis nicht erbracht, so muss der zu verwendende Beton eine Druckfestigkeit von  $10 \cdot 17,4 = 174$  kg/qcm besitzen. Die Druckfestigkeit muss indessen wegen der angenommenen Druckspannung von 30 kg bereits 180 kg/qcm betragen.

Um die Schubspannung in Höhe der Nulllinie zu finden, ist zunächst der Abstand  $z$  von Zug- und Druckmittelpunkt zu suchen. Dieser findet sich aus der Bedingung  $M = D \cdot z$ , wo  $D = \frac{b \cdot x}{2} \cdot \sigma_b = \frac{100 \cdot 19,4 \cdot 10,02}{2} = 9720$ ; also

$$z = \frac{124700}{9720} = 12,83 \text{ cm.}$$

Dann ist

$$\tau_0 = \frac{2100}{100 \cdot 12,83} = 1,64 \text{ kg/qcm.}$$

Die Schubkraft ist in Höhe der Eiseneinlagen bei Mitwirkung von Betonzug etwas kleiner. Allgemein ist

$$\tau_0 = \frac{V \cdot S}{J \cdot b},$$

wo  $S$  das statische Moment des oberhalb der untersuchten Schicht befindlichen Querschnittsteiles,  $J$  das Trägheitsmoment des ganzen Querschnitts ist. Also ist für die Schicht in Höhe der Eiseneinlage

$$S = 100 \left( \frac{8,98^2}{2} - \frac{7,28^2}{2} \right) + 15 \cdot 8,55 \cdot 7,28 = 3698.$$

$$J \text{ ist } = \frac{M \cdot x}{\sigma_b} = \frac{124700 \cdot 10,02}{19,4} = 64420, \text{ also}$$

$$\tau_0' = \frac{2100 \cdot 3698}{64420 \cdot 100} = 1,21 \text{ kg/qcm.}$$

Die Haftspannung ist dann

$$\tau_1' = \frac{100 \cdot 1,21}{9 \cdot 1,1 \cdot 3,14} = 4 \text{ kg/qcm.}$$

4. Ein Eisenbetonbalken von 4 m Spannweite und mit nebenstehenden Abmessungen sei einem Angriffsmoment von 120000 kgcm ausgesetzt; es sollen die grösste Betondruckspannung und die Spannungen in den Eiseneinlagen bei Vernachlässigung der Betonzugspannungen ermittelt werden (Fig. 374).

Nach Gleichung 17) wird

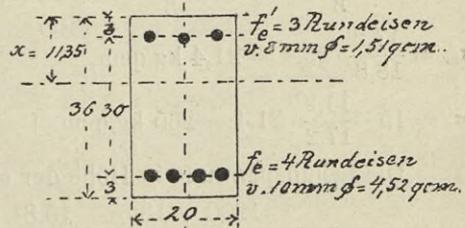
$$x = -\frac{14 \cdot 1,51 + 15 \cdot 4,52}{20} + \sqrt{\left( \frac{14 \cdot 1,51 + 15 \cdot 4,52}{20} \right)^2 + \frac{2}{20} (14 \cdot 1,51 \cdot 3 + 15 \cdot 4,52 \cdot 33)}$$

$$x = 11,35 \text{ cm.}$$

Nach Gleichung 19) ist dann

$$\sigma_b = \frac{120000}{\frac{20 \cdot 11,35}{2} (33 - 3,78) + 14 \cdot 1,51 \cdot \frac{8,35}{11,35} \cdot 30} = 31,7 \text{ kg/qcm,}$$

Fig. 374.



$$\sigma_a' = \frac{15 \cdot 8,35}{11,35} \cdot 31,7 = 350 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_e = \frac{21,65}{8,35} \cdot 350 = 908 \text{ kg/qcm}.$$

Zur Berechnung der Schubspannung ist der Abstand  $y_1$  aus Gleichung 24) zu ermitteln zu

$$y_1 = \frac{\frac{20 \cdot 11,37^3}{3} + 14 \cdot 8,37^2 \cdot 1,51}{\frac{20 \cdot 11,37^2}{2} + 14 \cdot 8,37 \cdot 1,51} = 7,67 \text{ cm}.$$

Da die Belastung für 1 m Länge 600 kg beträgt, so wird  $V = 2 \cdot 600 = 1200$  kg und

$$\tau_0 = \frac{1200}{20(21,65 + 7,67)} = 2,05 \text{ kg/qcm},$$

$$\tau_1 = \frac{20 \cdot 2,05}{4 \cdot 1 \cdot 3,14} = 3,27 \text{ kg/qcm}.$$

An den oberen Eiseneinlagen wird, da  $S = 20 \cdot \frac{11,35^2 - 8,35^2}{2} + 15 \cdot 1,51 \cdot 8,35 = 780$  und  $J = \frac{120000 \cdot 11,35}{31,7} = 42970$  ist,

$$\tau_0' = \frac{1200 \cdot 780}{20 \cdot 42970} = 1,09 \text{ kg/qcm},$$

$$\tau_1' = \frac{20 \cdot 1,09}{3 \cdot 0,8 \cdot 3,14} = 2,9 \text{ kg/qcm}.$$

Werden Betonzugspannungen berücksichtigt, so wird nach Gleichung 38):

$$x = \frac{\frac{20 \cdot 36^2}{2} + 14(1,51 \cdot 3 + 4,52 \cdot 33)}{20 \cdot 36 + 14(1,51 + 4,52)} = 18,8 \text{ cm};$$

nach Gleichung 39) wird dann

$$\sigma_{bd} = \frac{120000 \cdot 18,8}{\frac{20 \cdot 18,8^3}{3} + \frac{20 \cdot 17,2^3}{3} + 14(1,51 \cdot 15,8^2 + 4,52 \cdot 14,2^2)} = 23,4 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_{bz} = \frac{17,2}{18,8} \cdot 23,4 = 21,4 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_a = 15 \cdot \frac{14,2}{17,2} \cdot 21,4 = 265 \text{ kg/qcm}.$$

Die Schubspannung in Höhe der oberen Eiseneinlage wird, da  $J = 96410$  ist,

$$\tau_0 = \frac{1200}{96410} \left( \frac{18,8^2 - 15,8^2}{2} + \frac{15 \cdot 1,51 \cdot 15,8}{20} \right) = 0,87 \text{ kg/qcm}$$

und die Haftspannung

$$\tau_1 = \frac{20 \cdot 0,87}{3 \cdot 0,8 \cdot 3,14} = 2,3 \text{ kg/qcm}.$$

In der Nulllinie wird

$$\tau_0 = \frac{1200}{96410} \left( \frac{18,8^2}{2} + \frac{15 \cdot 1,51 \cdot 15,8}{20} \right) = 2,4 \text{ kg/qcm}.$$

5. Ein Deckenfeld von 3 m Breite und 4 m Länge soll mit einer ringsum aufliegenden ebenen Betonplatte mit gekreuzten, zu den Seiten parallel laufenden Eiseneinlagen überdeckt werden. Nutz- und volle Eigenlast betrage 600 kg/qm. Es soll die erforderliche Stärke der Decke und der Eiseneinlagen bestimmt werden.

Das Angriffsmoment, bezogen auf die kürzere Spannweite, ist

$$M = \frac{600 \cdot 3,1^2 \cdot 100}{12} = 48050 \text{ kgcm.}$$

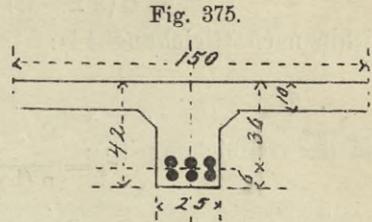
Zugelassene Spannungen seien  $\sigma_e = 1000$  und  $\sigma_b = 40$  kg/qcm.

Dann wird nach Zusammenstellung II

$$h - a = 0,39 \sqrt{\frac{48050}{100}} = 8,54 \text{ cm,}$$

$$f_e = 0,00293 \sqrt{4805000} = 6,42 \text{ qcm.}$$

Die Deckenstärke ist auf 10 cm zu bringen. Als Eiseneinlage nach der Richtung der kürzeren Seite werden 10 Stück Rundeisen von 9 mm mit dem Gesamtquerschnitt von 6,36 qcm auf 1 m Breite verwendet. Die Längseisen können geringere, etwa im umgekehrten Verhältnis der Länge und Breite der Decke stehende Stärken erhalten. Es genügen 8 Stück Rundeisen derselben Stärke auf 1 m Deckenbreite.



6. Ein Plattenbalken von nebenstehenden Abmessungen sei bei 7,5 m Spannweite und 7,8 m Stützweite durch eine Nutzlast von 500 kg auf 1 m Länge in einem Geschäftshause belastet. Die Eiseneinlagen, bestehend aus 6 Rundeisen von 2,5 cm Durchmesser, haben einen Gesamtquerschnitt von 29,45 qcm. Es sollen die grössten im Beton und im Eisen auftretenden Spannungen ermittelt werden (Fig. 375).

Das Eigengewicht setzt sich zusammen aus dem Gewicht des Plattenbalkens von $(1,5 \cdot 0,1 + 0,32 \cdot 0,25) \cdot 2400 =$	552 kg
dem Gewicht der Ueberschüttung, 6 cm hohe gewalzte Schlacke . . . . .	36 kg
dem Gewicht des Zementfussbodens von 2 cm Stärke	40 „
dem Gewicht des Deckenputzes . . . . .	14 „
für 1 qm zusammen	90 kg
also für 1,5 qm $1,5 \cdot 90 =$	135 „
dazu Nutzlast . . . . .	500 „
	<u>zusammen 1187 kg</u>

oder rund 1200 kg für 1 m Balkenlänge.

Daher ist

$$M = \frac{1200 \cdot 7,8^2 \cdot 100}{8} = 912600 \text{ kgcm,}$$

nach Gleichung 11) ist:

$$x = \frac{\frac{b d^2}{2} + n f_e (h - a)}{b d + n f_e} = \frac{150 \cdot 10^2}{2} + 15 \cdot 29,45 \cdot 36}{150 \cdot 10 + 15 \cdot 29,45} = 12,05 \text{ cm,}$$

nach Gleichung 13):

$$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2x - d)} = 12,05 - \frac{10}{2} + \frac{10^2}{6(2 \cdot 12,05 - 10)} = 8,23 \text{ cm,}$$

mithin nach Gleichung 14):

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e(h - a - x + y)} = \frac{912\,600}{29,45(36 - 12,05 + 8,23)} = 963 \text{ kg/qcm}$$

und nach Gleichung 15):

$$\sigma_b = \frac{x}{n(h - a - x)} \cdot \sigma_e = \frac{12,05}{15(36 - 12,05)} \cdot 963 = 32,3 \text{ kg/qcm.}$$

Die Querkraft am Auflager ist

$$V = \frac{7,5 \cdot 1200}{2} = 4500 \text{ kg,}$$

daher die Schubspannung im Beton

$$\tau_o = \frac{V}{b_1(h - a - x + y)} = \frac{4500}{25(36 - 12,05 + 8,23)} = 5,6 \text{ kg/qcm.}$$

Der zulässige Wert der Schubspannung wird also etwas überschritten. Es empfiehlt sich, zwei der oberen Eiseneinlagen an den Enden aufzubiegen. Die Stelle, wo mit dem Aufbiegen zu beginnen ist, findet sich aus der Bedingung, dass an dieser Stelle die Querkraft  $V_1$  nur sein darf (Fig. 376):

$$\frac{4500 \cdot 4,5}{5,6} = 3616 \text{ kg.}$$

$$\text{Dies ist erfüllt bei } \frac{4500 - 3616}{1200} = 0,74 \text{ m Entfernung}$$

vom Auflager.

Die von den aufgebogenen Eisenstäben aufzunehmende Gesamtzugkraft  $Z$  ist gleich der zu übertragenden Schubkraft, d. i.:

$$Z = \frac{74}{\sqrt{2}} (5,6 - 4,5) \frac{1}{2} \cdot 25 = 720 \text{ kg.}$$

Die Spannung der aufgebogenen Stäbe ist daher

$$\sigma_e = \frac{720}{2 \cdot 4,91} = 73 \text{ kg/qcm.}$$

Die Haftspannung an den vier unteren Rundeisen beträgt am Auflager

$$\tau_1 = \frac{b_1 \tau_o}{u} = \frac{25 \cdot 5,6}{4 \cdot 2,5 \cdot 3,14} = 4,5 \text{ kg/qcm.}$$

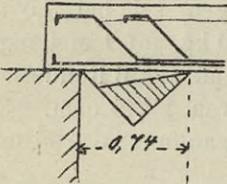
Will man auch in diesem Falle die auftretende Betonzugspannung ermitteln, so ist zunächst nach Gleichung 32)  $x$  zu bestimmen aus

$$x = \frac{\frac{25 \cdot 4,2^2}{2} + \frac{125 \cdot 10^2}{2} + 15 \cdot 29,45 \cdot 36}{25 \cdot 4,2 + 125 \cdot 10 + 15 \cdot 29,45} = 16,12 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 13):

$$y = 16,12 - 5 + \frac{100}{6(32,24 - 10)} = 11,87 \text{ cm,}$$

Fig. 376.



dann wird aus Gleichung 33a):

$$M = 912600$$

$$= \left[ \frac{150 \cdot 10 \cdot 11,87}{2} (2 \cdot 1612 - 10) + \frac{25}{3} (6,12^3 + 25,88^3) + 15 \cdot 29,45 \cdot 19,88^2 \right] \frac{\sigma_{bd}}{16,12},$$

woraus

$$\sigma_{bd} = 28,4 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_{bz} = \frac{25,88}{16,12} \cdot 28,4 = 45,6 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_e = 15 \cdot \frac{19,88}{16,12} \cdot 28,4 = 525 \text{ kg/qcm}.$$

Die Spannung  $\sigma_{bz} = 45,6 \text{ kg/qcm}$  ist jedenfalls zu gross; die Stegbreite des Balkens und der Querschnitt der Eiseneinlagen müssten verstärkt werden.

7. Ein durchgehender Plattenbalken auf vier Stützen mit nachstehendem Querschnitt werde mit  $500 \text{ kg/m}$  in einem Geschäftshause belastet. Es sollen die grössten im Beton und im Eisen auftretenden Spannungen ermittelt werden (Fig. 377 u. 378).

Das Eigengewicht für 1 m Balkenlänge beträgt  $(1,5 \cdot 0,10 + 0,3 \cdot 0,35) \cdot 2400 = \dots \dots \dots 612 \text{ kg}$   
 dazu die übrige ständige Belastung wie im vorigen Beispiel  $135 \text{ „}$   
 zusammen  $747 \text{ kg}$

oder rund  $750 \text{ kg}$  für 1 m Balkenlänge.

Die Berechnung wird nach dem üblichen Verfahren für durchgehende Balken von überall gleichem Trägheitsmoment ohne Rücksicht auf dessen Veränderlichkeit infolge der wechselnden Stärke und Lage der Eisenstäbe und etwaiger Verstärkung an den Stützen durchgeführt; derartige Abweichungen kommen der Sicherheit der Konstruktion zugute.

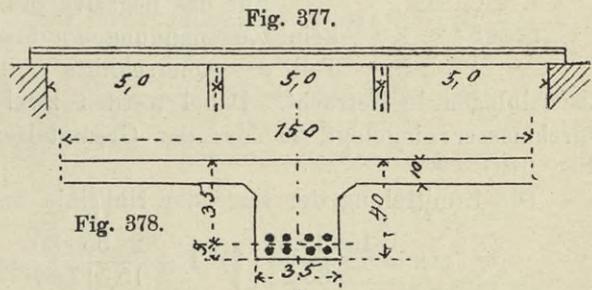
Die Angriffsmomente sind

a) bei 0,4 l der ersten Oeffnung:

$$\begin{aligned} M_g &= + 0,08 \cdot 750 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 150000 \\ - M_p &= - 0,02 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 25000 \\ + M_p &= + 0,10 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 125000 \\ \text{daher } M_{\max} &= + 275000, \end{aligned}$$

b) über der Mittelstütze:

$$\begin{aligned} M_g &= - 0,10 \cdot 750 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 187500 \\ - M_p &= - 0,11667 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 145838 \\ + M_p &= + 0,01667 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = 20838 \\ \text{daher } M_{\max} &= - 333338, \end{aligned}$$



c) in der Mittelöffnung:

$$\begin{aligned} M_g &= + 0,025 \cdot 750 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 46875 \\ - M_p &= - 0,05 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 62500 \\ + M_p &= + 0,075 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 93750 \\ &\text{also } + M_{\max} = + 140625 \\ &\quad - M_{\max} = - 15625. \end{aligned}$$

Hiernach berechnen sich die Spannungen:

a) Bei 0,4 l der ersten Oeffnung.

Die Eiseneinlage besteht aus acht Rundeisen von 15 mm Durchmesser und 14,14 qcm Gesamtquerschnitt mit 5 cm Abstand von der Unterkante.

Da die Nulllinie in die Platte fällt, wird ihre Lage mit Hilfe der Gleichung 2) gefunden zu

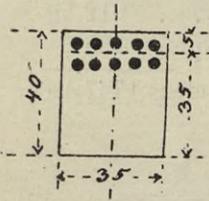
$$x = \frac{n f_e}{b} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 b (h - a)}{n f_e}} - 1 \right] = \frac{15 \cdot 14,14}{150} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 150 \cdot 35}{15 \cdot 14,14}} - 1 \right] = 8,63 \text{ cm}$$

$\sigma_b$  und  $\sigma_e$  ergeben sich dann aus den Gleichungen 4) und 5) zu

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 275\,000}{150 \cdot 8,63 \cdot 32,12} = 13,2 \text{ kg/qcm.}$$

$$\sigma_e = \frac{275\,000}{14,14 \cdot 32,12} = 606 \text{ kg/qcm.}$$

Fig. 379.



b) Ueber der Zwischenstütze.

Für das negative Stützmoment kommt, da der Beton keine Zugspannungen aufnehmen soll, nur der balkenförmige Teil des Querschnitts mit den nach oben verschobenen Eiseneinlagen in Betracht. Dabei werden zwei weitere Rundeisen von 15 mm Durchmesser eingelegt, so dass der Gesamteisenquerschnitt 17,67 qcm beträgt (Fig. 379).

Die Ermittlung der Lage der Nulllinie erfolgt wieder nach Gleichung 2):

$$x = \frac{15 \cdot 17,67}{35} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 35 \cdot 35}{15 \cdot 17,67}} - 1 \right] = 16,66 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 333\,338}{35 \cdot 16,66 \cdot 29,45} = 38,8 \text{ kg/qcm}$$

$$\sigma_e = \frac{333\,338}{17,67 \cdot 29,45} = 640 \text{ kg/qcm.}$$

c) In der Mittelöffnung.

Das positive Maximalmoment ist erheblich kleiner als bei 0,4 l der ersten Oeffnung. Es genügen vier Rundeisen mit dem Gesamtquerschnitt 7,07 qcm.

$$x = \frac{15 \cdot 7,07}{150} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 150 \cdot 37,25}{15 \cdot 7,07}} - 1 \right] = 6,58 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 140\,625}{150 \cdot 6,58 \cdot 35,06} = 8,1 \text{ kg/qcm}$$

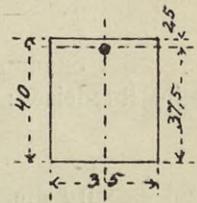
$$\sigma_e = \frac{140\,625}{7,07 \cdot 35,06} = 565 \text{ kg/qcm.}$$

Für das negative Moment  $-15625$  genügt es, ein Rundeisen von 1 cm Durchmesser und 0,79 qcm Querschnitt in den oberen Teil zu legen (Fig. 380). Dann wird

$$x = \frac{15 \cdot 0,79}{35} \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 35 \cdot 37,5}{15 \cdot 0,79}} - 1 \right] = 4,71 \text{ cm}$$

$$\sigma_e = \frac{15625}{0,79 \cdot 35,93} = 550 \text{ kg/qcm.}$$

Fig. 380.



Will man auch hier, und zwar bei 0,4 l der ersten Oeffnung, die auftretende Betonzugspannung untersuchen, so ist zunächst

$$x = \frac{\frac{35 \cdot 40^2}{2} - \frac{115 \cdot 10^2}{2} + 15 \cdot 14,14 \cdot 35}{35 \cdot 40 + 115 \cdot 10 + 15 \cdot 14,14} = 14,9 \text{ cm}$$

$$y = 14,9 - 5 + \frac{10^2}{6(29,8 - 10)} = 10,74 \text{ cm.}$$

Dann ist nach Gleichung 33a)

$$275000 = \frac{\sigma_{bd}}{14,9} \left[ \frac{150}{2} \cdot 10 \cdot 10,74 (29,8 - 10) + \frac{35}{3} (4,9^3 + 25,1^3) + 15 \cdot 14,14 \cdot 20,1^2 \right]$$

$$275000 = 29000 \sigma_{bd}$$

$$\sigma_{bd} = \frac{275000}{29000} = 9,5 \text{ kg/qcm, und}$$

$$\sigma_{bz} = \frac{25,1}{14,9} \cdot 9,5 = 16 \text{ kg/qcm.}$$

Die Ermittlung der Schub- und Haftspannungen erfolgt überall wie bei den früheren Beispielen.

8. Ein Eisenbetonpfeiler von  $30 \cdot 30$  cm Querschnitt mit 4 Rundeisenstäben von 16 qcm Gesamtquerschnitt sei mit 30000 kg zentrisch belastet. Die auftretenden Beton- und Eisenspannungen sollen berechnet werden (Fig. 381).

Nach Gleichung 43) bis 45) wird

$$30000 = \sigma_b (30 \cdot 30 + 15 \cdot 16),$$

$$\sigma_b = \frac{30000}{1140} = 26,3 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = 15 \cdot 26,3 = 395 \text{ kg/qcm.}$$

9. Derselbe Pfeiler soll auf Knicken untersucht werden, wenn seine Höhe 4 m beträgt.

In der Euler'schen Formel:

$$P = \frac{\pi^2 E J}{s l^2}$$

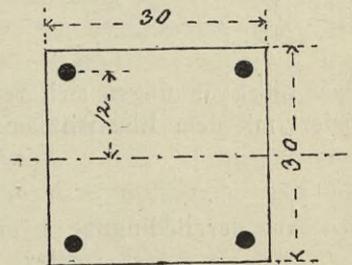
ist für den Beton  $E = \frac{2100000}{15} = 140000$

und  $s = \text{Sicherheitsgrad} = 10$   
anzusetzen.

$$J = \frac{30^4}{12} + 15 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 0,12^2 = 102060, \text{ also}$$

$$P = \frac{10 \cdot 140000 \cdot 102060}{10 \cdot 160000} = 89303 \text{ kg.}$$

Fig. 381.



Da  $P$  nach dem vorigen Beispiel nur 30000 kg ist, so ist hinsichtlich des Betons keine Knickgefahr vorhanden. Damit auch bei den Eiseneinlagen ein Knicken nicht eintritt, muss sein

$$\frac{\pi \cdot E \cdot J}{5l^2} = F \cdot k.$$

Die Spannung  $k$  des Eisens hatte sich oben zu 395 kg/qcm gefunden. Da beim Rundeisen:

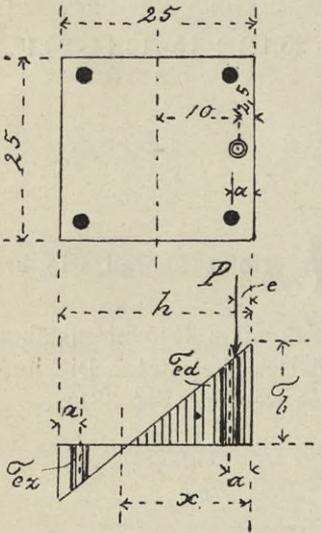
$$F = \frac{\pi d^2}{4} \text{ und } J = \frac{\pi d^4}{64} \text{ ist, so wird } \frac{J}{F} = \frac{d^2}{16}$$

und es wird die zulässe Knicklänge der Eisenstäbe

$$l = d \sqrt{\frac{10 \cdot 2100000}{80 \cdot 395}} = 25,8 d.$$

Um daher ein Knicken der Eisenstäbe zu vermeiden, sind sie in Abständen von höchstens  $25,8 \cdot 2,26 = 58$  cm durch Quereisen zu verbinden. Die Abstände sollen indessen nach § 15 Z. 6 höchstens 30 cm betragen.

Fig. 382 u. 383.



10. Ein Eisenbetonpfeiler von 25 · 25 cm Querschnitt und mit vier Eisenstäben von 2 cm Durchmesser werde mit 5000 kg exzentrisch, und zwar 10 cm aus der Mitte belastet. Es sollen die auftretenden Beton- und Eisenspannungen ermittelt werden (Fig. 382 u. 383).

Zur Lösung stehen die beiden Bedingungen zur Verfügung:

1. die Summe der äusseren und inneren Kräfte muss Null sein;  
 $\Sigma V = 0,$
2. die Summe der statischen Momente der auf den Querschnitt wirkenden Kräfte muss Null sein;  
 $\Sigma M = 0.$

Ferner kommt die Bedingung in Betracht, dass die Spannungen sich verhalten wie die Abstände von der Nulllinie, multipliziert mit dem Elastizitätsmafs, d. h.

$$\begin{aligned} \sigma_b : \sigma_{ed} &= x : n(x - a), \\ \sigma_b : \sigma_{ez} &= x : n(h - a - x). \end{aligned}$$

Aus der Bedingung 1. ergibt sich dann:

$$\begin{aligned} \text{a) } P &= \frac{bx}{2} \sigma_b + n f_e \sigma_b \left( \frac{x-a}{x} - \frac{h-a-x}{x} \right) \\ &= \sigma_b \left[ \frac{bx}{2} + \frac{n f_e}{x} (2x - h) \right] \end{aligned}$$

und aus der Bedingung 2:

$$\begin{aligned} \text{b) } P(x - e) &= \sigma_b \frac{bx^2}{3} + n f_e \sigma_b \left[ \frac{(x-a)^2}{x} + \frac{(h-a-x)^2}{x} \right] \\ &= \sigma_b \left[ \frac{bx^2}{3} + \frac{n f_e}{x} (2x^2 - 2hx + 2a^2 + h^2 - 2ah) \right]. \end{aligned}$$

Setzt man die aus beiden Gleichungen sich ergebenden Werte von  $\sigma_b$  einander gleich, so ergibt sich durch weitere Zusammenziehung:

$$\frac{b}{6 n f_e} x^3 - \frac{b \cdot e}{2 n f_e} x^2 - (2e - h) x = 2a^2 + h^2 - (2a + e) h,$$

oder unter Einsetzung der Werte  $b = 25$ ;

$$n = 15; f_e = 6,28; e = 2,5; h = 25; a = 3:$$

$$\frac{25}{6 \cdot 15 \cdot 6,28} x^3 - \frac{25 \cdot 2,5}{2 \cdot 15 \cdot 6,28} x^2 + 20 x = 2 \cdot 3^2 + 25^2 - 8,5 \cdot 25;$$

$$x^3 - 7,5 x^2 + 452,16 x = 9734.$$

Die Auflösung geschieht am einfachsten durch Versuchsrechnung und es ergibt sich so genau genug  $x = 16,3$  cm.

Dann ist mittels Gleichung a):

$$5000 = \sigma_b \left( \frac{25 \cdot 16,3}{2} + \frac{15 \cdot 6,28}{16,3} \cdot 7,6 \right),$$

$$\sigma_b = 20,2 \text{ kg/qcm}$$

und es wird ferner:

$$\sigma_{ed} = \frac{15 \cdot 13,3 \cdot 20,2}{16,3} = 249 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_{ez} = 249 \cdot \frac{5,7}{13,3} = 107 \text{ kg/qcm}.$$

## Formeln und Tabellen zur Bestimmung der Querschnitts- abmessungen beim Entwerfen.

### Allgemeines.

Die im vorigen Abschnitt angegebenen Rechnungsverfahren mit Beispielen der amtlichen „Bestimmungen“ dienen hauptsächlich der Ermittlung der vorhandenen Spannungen einer gegebenen Konstruktion, obwohl sie, wie z. B. die Zusammenstellung II und wie die Beispiele 2 und 5 zeigen, auch zur Ermittlung der Querschnittsabmessungen dienen können. Die im genannten Abschnitt aufgeführten Formeln sind daher besonders für die Prüfung von Konstruktionen durch Behörden usw. von Nutzen. Zur Ermittlung von Abmessungen sind sie meist etwas umständlich. Letztere Aufgabe ist gerade die dem ausführenden Techniker am häufigsten vorkommende, da in den meisten Fällen die äusseren Kräfte in Form von Axial- und Querkraften, Biegemomenten usw. gegeben sind oder nach den Belastungen, freien Längen der Bauteile u. dergl. bestimmt werden können (Tafel II und IV), während die Abmessungen, die die einzelnen Stücke in ihren Querschnitten erhalten sollen, berechnet werden müssen.

Um die Rechnung zu vereinfachen, hat man oft die sich ergebenden Ausdrücke für die Querschnittsabmessungen nach den „Bestimmungen“ so umgestaltet, dass man alle gegebenen Werte für die Elastizitätszahlen, für die zulässigen Beanspruchungen des Eisens und des Betons u. dergl. einsetzte und zu einem

Koeffizienten vereinigte. Man kann so einfache Formeln erhalten; aber, wie schon die „Zusammenstellungen I und II“ in den Bestimmungen zeigen, ändert sich dieser Koeffizient auch bei jeder Aenderung der Werte von beispielsweise der zulässigen Beanspruchung des Eisens ( $\sigma_e$ ) und des Betons ( $\sigma_b$ ), so dass man nun eine grosse Anzahl einfacher Formeln statt der einen ursprünglichen grösseren erhält. Da jedoch bei einem Bauwerk in der Regel immer dieselben oder doch nur wenige verschiedene Fertigkeitsszahlen oder zulässige Beanspruchungen vorkommen werden je nach der Güte der zur Verwendung kommenden Baustoffe, Eisen und Zement usw. und je nach dem Mischungsverhältnis des Betons, so werden diese abgekürzten Formeln immerhin gute Dienste leisten und bei umfangreichen Berechnungen schneller zum Ziele führen. Weiter unten bei Besprechung der Berechnung der wichtigsten Bauglieder (Säulen und Pfeiler, Platten, Balken und Plattenbalken) sollen eine Reihe solcher Formeln Erwähnung finden.

Um dem entwerfenden Techniker noch mehr Zeit zu sparen, sind schliesslich für die genannten Bauglieder bereits eine grössere Anzahl von Tabellenwerken berechnet und erschienen, aus denen man die gesuchten Abmessungen in der Regel unmittelbar entnehmen kann.

Endlich hat man die gewünschten Werte auch zeichnerisch auf Tafeln dargestellt. Auch diese Tabellen- und Tafelwerke sollen weiter unten kurz besprochen werden.

#### Säulen und Pfeiler mit zentrischer Druckbeanspruchung.

Als Grundformeln für die Berechnung von Stützen mit axialer Belastung dienen die Formeln 43) bis 45) der „Bestimmungen“, die sich durch folgende Betrachtung ergeben.

Die gesamte Axialkraft wird zum Teil vom Beton, zum Teil von der Eiseneinlage aufgenommen, wobei wir zunächst stabförmige Einlagen voraussetzen. Der vom Betonquerschnitt aufgenommene Lastanteil verteilt sich gleichmässig auf diesen, wie sich ebenso der andere Lastanteil gleichmässig auf die Gesamtquerschnittsfläche der Eiseneinlagen verteilt. Durch die Belastung wird der Beton zusammengepresst und erleidet also eine Verkürzung seiner Längenausdehnung. Diese Verkürzung beträgt bei einer Länge = 1 und bei einer Belastung = der Elastizitätszahl =  $E_b$  pro qcm : 1, bei einer Belastung von  $1 \text{ kg} : \frac{1}{E_b}$  und bei einer Belastung gleich der Beanspruchung des Betons =  $\sigma_b/\text{qcm} : \frac{1 \cdot \sigma_b}{E_b}$ . Auf dieselbe Weise wird die Zusammenpressung der Eiseneinlagen gleich  $\frac{1 \cdot \sigma_e}{E_e}$ .

Durch die Haftfestigkeit des Betons am Eisen ist letzteres gezwungen, dieselbe Verkürzung mitzumachen, die der Beton erfährt.

Es muss also sein:

$$\frac{1 \sigma_b}{E_b} = \frac{1 \sigma_e}{E_e} \text{ oder}$$

$$\frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{\sigma_e}{E_e} \text{ oder}$$

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_e} = \frac{E_b}{E_e}$$

In den „Bestimmungen“ ist angenommen, dass  $\frac{E_e}{E_b} = n = 15$  ist. Es ist also  $\frac{E_b}{E_e} = \frac{1}{n}$  und daher:  $\sigma_b = \frac{1}{n} \sigma_e$ ;  $\sigma_e = n \sigma_b$ .

Ist  $F$  die Querschnittsfläche der Säule, welche man zugleich als Querschnittsfläche des Betons ansieht, indem man den Eisenquerschnitt bei sog. schwacher Einlage nicht in Abzug bringt, und  $f_e$  die Gesamtquerschnittsfläche der Einlage, so ist der vom Beton aufgenommene Lastanteil gleich  $F \cdot \sigma_b$  und der vom Eisen aufgenommene Anteil gleich  $f_e \sigma_e$ . Beide Anteile zusammen müssen gleich der Gesamtlast  $P$  sein, also:

$$\begin{aligned} P &= F \cdot \sigma_b + f_e \sigma_e \text{ oder } \sigma_e = n \cdot \sigma_b \text{ gesetzt:} \\ P &= F \cdot \sigma_b + f_e n \sigma_b \\ 43) \quad P &= (F + n f_e) \sigma_b. \end{aligned}$$

Hieraus ergeben sich die Spannungen für Beton und Eisen zu:

$$\begin{aligned} 44) \quad \sigma_b &= \frac{P}{F + n f_e} \text{ und} \\ 45) \quad \sigma_e &= n \cdot \sigma_b = \frac{n P}{F + n f_e}. \end{aligned}$$

Aus der Formel 43) ergibt sich der um den 15fachen Eisenquerschnitt vermehrte Querschnitt der Säule zu;

$$46) \quad F + n f_e = \frac{P}{\sigma_b}.$$

In den Tabellen für Säulenberechnungen von Bazali<sup>1)</sup> sind die Flächen  $F + 15 f_e$  enthalten für quadratische Säulen von 14 bis 60 cm Seite mit 4 Rundeiseneinlagen von 0,8 bis 3 cm Durchmesser und für quadratische Säulen von 15 bis 64 cm Seite mit 8 Rundeiseneinlagen von 0,6 bis 4 cm Durchmesser. Diese Tabellen sind gut dazu geeignet, die Säulenberechnungen zu erleichtern.

Nimmt man den Querschnitt der Eiseneinlage an, wofür Prof. Mörsch eine solche von 0,8 bis 2 % des Säulenquerschnitts empfiehlt, so erhält man aus 46) unmittelbar den Säulenquerschnitt zu:

$$47) \quad F = \frac{P}{\sigma_b} - n f_e.$$

Da die „Bestimmungen“ für den Beton in Stützen 10fache Sicherheit verlangen, so muss für eine Druckbeanspruchung von  $\sigma_b = 15, 20, 25, 30$  kg/qcm die Druckfestigkeit 150, 200, 250, 300 kg/qcm betragen.

Die Druckfestigkeit des Eisens wird bei zentrisch belasteten Stützen wenig ausgenutzt, da sie immer nur das 15fache der Betonbeanspruchung betragen kann, also bei obigen Annahmen 225, 300, 375 und 450 kg/qcm.

Sehr wichtig dagegen ist die Aufgabe der Eiseneinlagen zur Erhaltung der sog. Würfel Festigkeit des Betons in den Säulen. Daher ist der Quereinlage in Gestalt von Bügeln oder Schlingen grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Besonders sind letztere nicht in zu grosser gegenseitiger Entfernung anzuordnen. Nach den „Bestimmungen“ soll der Abstand der kleinsten Querschnittsabmessung

<sup>1)</sup> Tabellen zur Berechnung von Säulen aus Eisenbeton von M. Bazali, Berlin 1907. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

annähernd entsprechen, darf aber nicht über das 30fache der Stärke der Längsstäbe hinausgehen. Bei Berechnung der Eiseneinlagen auf Knicken (nach der Euler'schen Formel) ist 5fache Sicherheit nachzuweisen. Einige berechnete Tabellen geben den Bügelabstand zu gross an. Besser ist es immer, diesen Abstand zu beschränken, damit die Längseinlagen fähig bleiben, den Beton zusammenzuhalten, so dass dessen Würfestigkeit wirklich zur Geltung kommen kann.

Andere Tabellenwerke, die zur Erleichterung der Berechnung von Stützen dienen, sind die Diagramme von Kohlmorgen<sup>1)</sup>, die Ramisch-Gödel-Zahlentafeln<sup>2)</sup> sowie die Tabellen für Eisenbetonkonstruktionen von Kaufmann<sup>3)</sup>, letztere auch für exzentrische Stützenbelastungen.

Diese und andere Tabellenwerke werden in den Nummern 47, 51 und 55 der „Deutschen Bauzeitung“ von Prof. Mörsch in Zürich einer kritischen Betrachtung unterzogen. In dem betreffenden Aufsatz „Die Tabellenwerke für Eisenbetonkonstruktionen“ werden bei den Kaufmann'schen Tabellen die hohen Armierungsprocente (bis 12,6 %) und die zu grossen Bügelabstände bemängelt. Auch die Zahlentafeln von Ramisch-Gödel enthalten zu grosse Bügelabstände. Beide Tabellen fangen für die Praxis mit zu geringen Querschnittsabmessungen an und hören ebenso mit zu geringen Querschnitten auf (Kaufmann 10 bis 50 cm, Ramisch-Gödel 5,7 bis 36 cm Seite des quadratischen Querschnitts).

In bezug auf die Bügel mag noch erwähnt werden, dass im Auftrage der Firma Wayss & Freytag, Neustadt a. H., ausgeführte Versuche ergaben eine nahezu doppelt so grosse Ausnutzung des Eisens in Form von Bügeln als in Form einer stärkeren Längseinlage.

Nach den „Bestimmungen“ hat die Berechnung der Stützen auf Knicken zu erfolgen, wenn ihre Höhe mehr als das 18fache der kleinsten Querschnittsabmessung beträgt.

Ehe wir zur Untersuchung der auf Knicken beanspruchten Säulen übergehen, seien noch kurz erwähnt die

#### Säulen aus spiralumschnürtem Beton.

Considère, der Erfinder des spiralumschnürten Betons, kam durch Versuche zu dem Ergebnis, dass die in Form von Spiralen angewandte Eisenmenge eine 2,4mal grössere Vermehrung der Tragfähigkeit bewirkt, als wenn die gleiche Eisenmenge in Form von Längsstäben angewandt wird. Durch spätere andere Versuche wurde dies bestätigt. Considère ermittelte die Bruchlast zu

$$48) \quad P = 1,5 k_b F_b + \sigma_e (f_e + 2,4 f'_e).$$

Darin bedeutet:  $k_b$  die Druckfestigkeit des Betons,  $F_b$  den Querschnitt der Säule innerhalb der Spirale,  $\sigma_e$  die Streckgrenze des Eisens = etwa 2400 kg/qcm,  $f_e$  den Querschnitt der Längsarmierung,  $f'_e$  den Querschnitt einer gedachten Längseinlage, die dasselbe Gewicht hat wie die Spiralumschnürung. — Bei den

<sup>1)</sup> Statik und Diagramme zum Dimensionieren der Decken und Stützen im Massivbau. Von Reg.-Baumeister O. Kohlmorgen. Verlag von Julius Hoffmann in Stuttgart. 1907. Preis 2 Mark.

<sup>2)</sup> Verlag der Tonindustriezeitung. Berlin 1906. Preis 3 Mark.

<sup>3)</sup> Tabellen für Eisenbetonkonstruktionen von Dipl.-Ing. Georg Kaufmann. 2. Aufl. Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn. Preis geb. 4,50 Mark.

Versuchen von Considère betrug  $f_c$  1% vom Gesamtkörperquerschnitt und die Ganghöhe der Spirale =  $1/7$  des Säulendurchmessers.

Untersuchung der Eisenbetonsäulen auf Knickfestigkeit.

$$48) \text{ Formel nach Euler: } P = \frac{\pi^2 E J}{s l^2}.$$

(P in kg, l in cm,  $\pi^2 = 10$ , s für Beton = 10.)

Setzt man  $E_b = 140000$  und l in m ein, so erhält man:

$$49) \quad P = \frac{10 \cdot 140000 \cdot J}{10 \cdot 100 \cdot 100 \cdot l^2} = \frac{14}{l^2} \cdot J.$$

Das Gesamtträgheitsmoment des Querschnitts ergibt sich, wenn man zu dem Trägheitsmoment des Betonquerschnitts (bei schwachen Eiseneinlagen gleich dem Gesamtquerschnitt gesetzt) den 15fachen Betrag des Trägheitsmoments des Eisenquerschnitts  $J_e$  für die Schwerpunktsachse hinzuzählt, also

$$50) \quad J = J_b + 15 J_e; \text{ daher}$$

$$P = \frac{14}{l^2} (J_b + 15 J_e),$$

worin P in kg, l in m zu setzen ist.

In den Tabellen für Säulnberechnungen von Bazali findet man unmittelbar die Werte  $J = J_b + 15 J_e$  für quadratische Säulen mit 4 Rundeisenstäben als Einlage, so dass man zur Bestimmung des Querschnitts in bezug auf Knicksicherheit des Betons nur auszurechnen hat:

$$51) \quad J_b + 15 J_e = \frac{P \cdot l^2}{14}; \quad P \text{ in kg, } l \text{ in m.}$$

Für eine Säule mit quadratischem Querschnitt und 4 Rundeisenstäben als Einlage wird (Fig. 384):

$$J_b = \frac{a^4}{12}$$

$$15 J_e = 15 \cdot 4 \left( \frac{d^4 \pi}{64} + \frac{d^2 \pi}{4} \cdot z^2 \right); \text{ also}$$

$$J_b + 15 J_e = \frac{a^4}{12} + 15 \cdot 4 \left( \frac{d^4 \pi}{64} + \frac{d^2 \pi}{4} \cdot z^2 \right).$$

Für schwache Querschnitte ist  $\frac{d^4 \pi}{64}$  so gering, dass es vernachlässigt werden kann.

Knicksicherheit der Eiseneinlagen.

Die Knicklänge eines Längsstabes der Einlagen  $l'$  ergibt sich aus der Euler'schen Formel (Fig. 385):

$$P = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{s \cdot l'^2}.$$

P ist hier die auf den Querschnitt  $f'_e$  eines Stabes entfallende Druckkraft =  $f'_e \sigma_e = 15 f'_e \sigma_b$ , s ist nach den Bestimmungen gleich 5 zu setzen,  $E = 2100000$  kg/qcm,  $\pi^2 = 10$ ,  $J = \frac{\pi d^4}{64}$ ,  $f'_e = \frac{d^2 \pi}{4}$ .

Fig. 384.

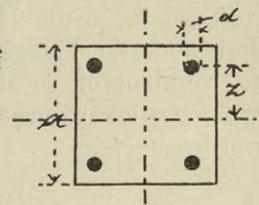
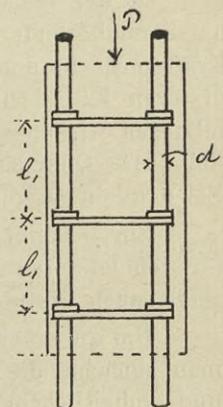


Fig. 385.



Diese Werte eingesetzt ergibt:

$$f'_e \sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{s \cdot l'^2}$$

$$l'^2 = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{s \cdot f'_e \sigma_e} = \frac{10 \cdot 2100000 \cdot d^4 \cdot \pi \cdot 4}{5 \cdot 64 \cdot d^2 \cdot \pi \cdot \sigma_e}$$

$$= \frac{10 \cdot 2100000 \cdot 4 \cdot d^2}{5 \cdot 64 \cdot \sigma_e} = 262500 \frac{d^2}{\sigma_e}$$

$$53) \quad l_1 = 512 \frac{d}{\sqrt{\sigma_e}}$$

Oder wenn man für  $\sigma_e = 15 \sigma_b$  setzt:

$$l_1 = 512 \cdot \frac{d}{\sqrt{15 \sigma_b}} = 3,873 \cdot \frac{d}{\sqrt{\sigma_b}}$$

$$54) \quad l_1 = 132 \cdot \frac{d}{\sqrt{\sigma_b}}$$

In diesen Formeln ist  $d$  in cm und  $\sigma_e$  oder  $\sigma_b$  in kg/qcm einzusetzen. Sie können leicht zu grosse Werte für die Knicklänge der Stäbe ergeben. Man beachte daher auch stets die praktischen Regeln der „Bestimmungen“ über die Entfernung der Querverbindungen und ordne letztere lieber etwas enger als zu weit an, da ja die Längsstäbe nicht nur gegen Einknicken gesichert sein, sondern auch die Fähigkeit behalten müssen, den Beton am seitlichen Ausweichen zu verhindern, so dass auch in dem langgestreckten Körper der Säule die Würfestigkeit des Betons noch zur Wirkung kommt und mit dieser gerechnet werden darf.

#### Exzentrische Druckbeanspruchung.

Greift die äussere Kraft nicht im Schwerpunkt des Querschnitts an, so ist die Beanspruchung nicht mehr gleichmässig über den Querschnitt verteilt, sondern an der dem Angriffspunkt zunächst gelegenen Kante am grössten. Man hat dann besonders zu unterscheiden und zu ermitteln, ob der Angriffspunkt der Kraft noch in den Kern des Querschnitts fällt oder ausserhalb desselben. Im ersteren Falle wird der ganze Querschnitt noch auf Druck beansprucht; im letzteren wirken auf der vom Angriffspunkt der Kraft am weitesten entfernten Seite des Querschnittes Zugspannungen, die bei Eisenbetonkörpern durch das Eisen allein aufgenommen werden müssen.

Ein Beispiel zur Ermittlung der Spannungen im Beton und im Eisen ist für den letzteren Fall bereits unter Nr. 10 in den „Bestimmungen“ gegeben, woselbst auch die nötigen Formeln angeführt sind (Fig. 383).

Um zu sehen, welcher von den beiden oben genannten Fällen eintritt, hat man zunächst die Kerngrösse zu ermitteln. Bei einem rechteckigen Querschnitt und einheitlichem Stoff ist der Kernradius, d. h. die Entfernung des Kernpunktes vom Schwerpunkt =  $\frac{h}{6}$  (bezw.  $\frac{b}{6}$ ). Beim Querschnitt eines Eisenbetonkörpers müssen wir den Kernradius bestimmen nach der allgemeinen Formel:

$$r = \frac{W}{F} = \frac{J \cdot 2}{F \cdot h}$$

Hierin ist (bei rechteckigem Querschnitt):

$$F = b \cdot h + n f_e$$

$$J = \frac{b h^3}{12} + n f_e \left( \frac{h}{2} - a \right)^2, \text{ also}$$

$$55) \quad r = \frac{b h^2}{6 F} + \frac{2 n f_e \left( \frac{h}{2} - a \right)^2}{h F}$$

Hat man den Kernradius berechnet, so ergibt sich durch Vergleich dieser Grösse mit der gegebenen Exzentrizität der angreifenden Kraft, ob letztere noch in den Kern fällt oder nicht.

1. Die Kraft  $P$  greift den Querschnitt noch im Kern an, d. h.  $e < r$  (Fig. 386).

Die Beanspruchung ist dann ebenso wie im Querschnitt eines durch Biegung und Achsialkraft angegriffenen Balkens und zu berechnen nach den Formeln:

$$56) \quad \sigma_{bd} = \frac{P}{F} + \frac{M}{W} = \frac{P}{F} + \frac{P \cdot e \cdot h}{2J}$$

$$57) \quad \sigma_{bz} = \frac{P}{F} - \frac{M}{W} = \frac{P}{F} - \frac{P \cdot e \cdot h}{2J}.$$

Die Spannungen verhalten sich wie die Abstände von der Nulllinie multipliziert mit dem Elastizitätsmafs:

$$\sigma_{bd} : \sigma_{ed} = x E_b : (x - a) E_e,$$

$$\sigma_{ed} = \frac{\sigma_{bd} \cdot (x - a) E_e}{x \cdot E_b}, \quad \frac{E_e}{E_b} = n,$$

$$\sigma_{ed} = \frac{n \cdot \sigma_{bd} (x - a)}{x}; \text{ ebenso}$$

$$\sigma_{bd} : \sigma_{ez} = x \cdot E_b : (x - h + a) \cdot E_e,$$

$$\sigma_{ez} = \frac{\sigma_{bd} \cdot (x - h + a) \cdot E_e}{x \cdot E_b},$$

$$\sigma_{ez} = \frac{n \sigma_{bd} (x - h + a)}{x}.$$

Es verhält sich  $\sigma_{bd} : x = \sigma_{bz} : (x - h)$ ,

daher

$$x \cdot \sigma_{bz} = x \sigma_{bd} - \sigma_{bd} h,$$

$$x (\sigma_{bd} - \sigma_{bz}) = \sigma_{bd} h,$$

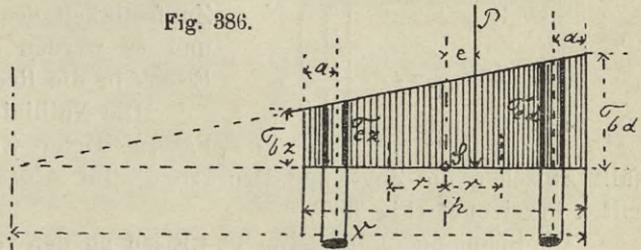
$$x = \frac{\sigma_{bd} \cdot h}{\sigma_{bd} - \sigma_{bz}}.$$

Setzt man diesen Wert in die obigen Formeln ein, so erhält man Formeln zur Berechnung der Spannungen  $\sigma_{ed}$  und  $\sigma_{ez}$ , nämlich:

$$58) \quad \sigma_{ed} = n \left[ \sigma_{bd} - \frac{a (\sigma_{bd} - \sigma_{bz})}{h} \right]$$

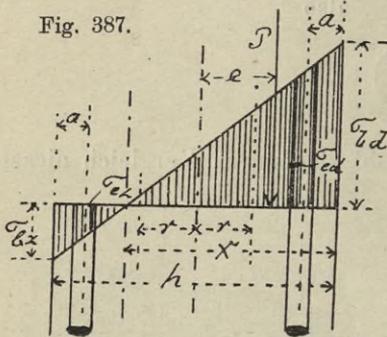
$$59) \quad \sigma_{ez} = n \left[ \sigma_{bz} + \frac{a (\sigma_{bd} - \sigma_{bz})}{h} \right]$$

Fig. 386.



2. Die Kraft  $P$  greift den Querschnitt ausserhalb des Kerns an, d. h.  $e > r$  (Fig. 387).

Fig. 387.



Greift die Kraft  $P$  den Querschnitt ausserhalb des Kerns an, doch so, dass der Angriffspunkt noch in die Querschnittsfläche zu liegen kommt, so treten auf der dem Angriffspunkt abgewandten Seite des Querschnitts Zugspannungen auf. Wie bei Platten, Balken usw., die auf Biegung beansprucht werden, wird die Zugfestigkeit des Betons nicht berücksichtigt, und es werden nur die Zugspannungen des Eisens in die Rechnung eingeführt.

Die Nulllinie oder neutrale Achse, deren Fasern weder Zug noch Druck empfangen, fällt zwischen die Zug- und Druckzone. Ihr Abstand von der Druckkante sei mit  $x$  bezeichnet (Fig. 387).

Die Spannungen im Beton und Eisen an den verschiedenen Stellen verhalten sich wieder wie ihre Abstände von der Nulllinie, multipliziert mit dem Elastizitätsmafs. (Siehe Beispiel 10 der „Bestimmungen“.)

Es ergeben sich also folgende Verhältnisse:

$$\sigma_{bd} : \sigma_{ed} = x : n(x - a)$$

und

$$\sigma_{bd} : \sigma_{ez} = x : n(h - a - x).$$

Daraus ergibt sich die Druckspannung der Eiseneinlage zu:

$$60) \quad \sigma_{ed} = n \sigma_{bd} \cdot \frac{x - a}{x}$$

und die Zugspannung des Eisens zu:

$$61) \quad \sigma_{ez} = n \cdot \sigma_{bd} \frac{h - a - x}{x}.$$

Aus den Bedingungen für das Gleichgewicht:

1. Summe aller Vertikalkräfte = 0;
2. Summe der statischen Momente der auf den Querschnitt wirkenden Kräfte = 0

erhält man dann noch die Gleichungen:

$$P = \frac{bx}{2} \sigma_{bd} + n f_e \sigma_{bd} \left( \frac{x - a}{x} - \frac{h - a - x}{x} \right) \text{ oder}$$

$$62) \quad P = \sigma_{bd} \left[ \frac{bx}{2} + \frac{nf_e}{x} (2x - h) \right] \text{ und}$$

$$P(x - e) = \sigma_{bd} \left[ \frac{bx^2}{3} + n f_e \sigma_{bd} \left[ \frac{(x - a)^2}{x} + \frac{(h - a - x)^2}{x} \right] \right] \text{ oder}$$

$$63) \quad P(x - e) = \sigma_{bd} \left[ \frac{bx^2}{3} + \frac{nf_e}{x} (2x^2 - 2hx + 2a^2 + h^2 - 2ah) \right].$$

Drückt man aus den beiden letzten Gleichungen 62) und 63) die Werte für  $\sigma_{bd}$  aus, und setzt man dieselben einander gleich, so erhält man durch Zusammenziehung:

$$64) \quad \frac{b}{6nf_e} x^3 - \frac{be}{2nf_e} x^2 - (2e - h)x = 2a^2 + h^2 - (2a + e)h,$$

d. h. eine Gleichung zur Bestimmung der Grösse  $x$  oder zur Bestimmung der Lage der Nulllinie.

Es ist dies allerdings eine Gleichung dritten Grades, die sich aber nach Einsetzung der bekannten Grössen durch Versuchsrechnung auch von denen, die mit der regelrechten Lösung solcher Gleichung nicht vertraut sind, leicht lösen lässt.

Hat man  $x$  gefunden, so erhält man aus Gleichung 62) die grösste Druckbeanspruchung des Betons zu:

$$65) \quad \sigma_{db} = \frac{P}{\frac{b x}{2} + \frac{n f_e}{x} (2x - h)}$$

Die Druck- und Zugbeanspruchungen des Eisens ergeben sich nach Einsetzung der gefundenen Werte aus den Formeln 60) und 61).

Allgemeine einfache Formeln zur Bestimmung der Querschnittsabmessungen exzentrisch belasteter Säulen und Pfeiler lassen sich nicht gut aufstellen.

Erwähnt mag noch werden, dass die Tabellen von Kaufmann auch quadratische, exzentrisch belastete Stützen mit vier und acht Rundeisenstäben als Einlage umfassen.

Auf Biegung beanspruchte Platten und Balken.

Nach den „Bestimmungen“ darf bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen die Druckspannung des Betons den sechsten Teil seiner Druckfestigkeit, die Zug- und Druckspannung des Eisens den Betrag von 1000 kg/qcm nicht übersteigen.

Wird in einzelnen Fällen die Zugspannung des Betons in Anspruch genommen, so darf die Zugspannung zwei Drittel der nachgewiesenen Zugfestigkeit nicht überschreiten, während bei fehlendem Zugfestigkeitsnachweis die Zugspannung nicht mehr als ein Zehntel der Druckfestigkeit betragen darf.

Bei Bestimmung der äusseren Kräfte ist in bezug auf die Belastungswerte § 16, 3 der „Bestimmungen“ zu beachten, während in § 14 die Vorschriften über die in Rechnung zu stellende Freilänge, über die Momente usw. enthalten sind.

Die „Bestimmungen“ geben ferner in ihrem III. Abschnitt die Rechenverfahren und notwendigen Formeln zur Bestimmung der vorhandenen Spannungen des Betons und Eisens in vorliegenden Konstruktionen an, deren Abmessungen und Belastungen bekannt sind.

Wir wollen uns hier wieder kurz mit denjenigen Formeln beschäftigen, welche dazu dienen, beim Konstruieren und Entwerfen schnell die Querschnittsabmessungen der auf Biegung beanspruchten Bauteile zu ermitteln, deren Spannweiten, Belastungen und Biegemomente bekannt sind.

Ebenso sollen kurz eine Reihe von Tabellenwerken erwähnt werden, aus denen diese Querschnittsabmessungen entnommen werden können.

Platten und Balken mit einfacher Eiseneinlage.

Da auch in dem durchgebogenen Körper die Querschnittsflächen eben bleiben sollen, folgt nach dem Elastizitätsgesetz (Fig. 1):

$$\frac{\sigma_b}{E_b} : x = \frac{\sigma_e}{E_e} : h - a - x$$

Bei einer Druckfestigkeit des Betons von 240 kg/qcm wird  $\sigma_b = \frac{240}{6} = 40 \text{ kg/qcm}$ .

Setzt man ferner  $\sigma_e = 1000 \text{ kg/qcm}$  und  $\frac{E_e}{E_b} = n = 15$ , so erhält man:

$$40 : x = \frac{1000}{15} : h - a - x,$$

$$40(h - a - x) = \frac{1000}{15} x,$$

$$40(h - a) = \frac{1000}{15} x + 40 x,$$

$$h - a = x \left( \frac{1000}{15 \cdot 40} + \frac{40}{40} \right),$$

$$= x \left( \frac{1000}{600} + 1 \right),$$

$$66) \quad h - a = \frac{8}{3} x.$$

In bezug auf die Grösse  $a$  ist die Vorschrift der Bestimmungen zu beachten, dass unterhalb der Eiseneinlagen in Balken noch eine Betonstärke von mindestens 2 cm, in Platten von mindestens 1 cm vorhanden sein muss (§ 6).

Bei einfacher Rundeiseneinlage mit dem Durchmesser  $d$  muss also sein:

$$\text{in Platten: } a \geq \frac{d}{2} + 1 \text{ cm,}$$

$$\text{in Balken: } a \geq \frac{d}{2} + 2 \text{ cm.}$$

Aus Formel 66) ergibt sich:

$$67) \quad x = \frac{3}{8}(h - a).$$

Nach Formel 4) ergab sich die Zugspannung des Betons zu:

$$\sigma_b = \frac{2M}{b x \left( h - a - \frac{x}{3} \right)}.$$

Setzt man  $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$ ,  $b = 100 \text{ cm}$  und  $x = \frac{3}{8}(h - a)$ , so erhält man:

$$40 = \frac{2M}{100 \cdot \frac{3}{8} \cdot (h - a) \left[ (h - a) - \frac{(h - a) \cdot 3}{3 \cdot 8} \right]},$$

$$40 = \frac{2M}{100 \cdot \frac{3}{8} (h - a) \cdot \frac{7(h - a)}{8}} = \frac{128 M}{100 \cdot 21 (h - a)^2},$$

$$(h - a)^2 = \frac{128 M}{40 \cdot 100 \cdot 21} = 0,00152385 M,$$

$$h - a = \sqrt{0,00152385 M},$$

$$68) \quad h - a = 0,0390 \sqrt{M}.$$

$h - a$  ergibt die nutzbare Plattenstärke in cm.  $M$  ist das grösste Biegemoment in kgcm für 100 cm Plattenbreite.

Der Querschnitt der Eiseneinlage ergibt sich durch den Abstand  $x$  der Nulllinie vom oberen Plattenrande ausgedrückt in folgender Weise:

Nach Gleichung 7) ist, da die auf die Querschnittsfläche wirkenden Druckspannungen gleich den Zugspannungen sein müssen,

$$\frac{b x}{2} \cdot \sigma_b = \sigma_e f_e, \text{ also}$$

$$f_e = \frac{b \cdot x \cdot \sigma_b}{2 \sigma_e}$$

daher für  $b = 100$  cm,  $\sigma_b = 40$  kg/qcm,  $\sigma_e = 1000$  kg/qcm,

$$f_e = \frac{100 \cdot x \cdot 40}{2 \cdot 1000}$$

69)

$$f_e = 2 \cdot x.$$

Setzt man  $x = \frac{3}{8}(h - a)$  nach Formel 67) ein, so erhält man den Querschnitt der Eiseneinlage durch die nutzbare Plattenstärke ausgedrückt:

$$f_e = 2 \cdot \frac{3}{8}(h - a)$$

70)

$$f_e = \frac{3}{4}(h - a)$$

Endlich kann man auch den Eisenquerschnitt unmittelbar durch das Biegemoment der äusseren Kräfte ausdrücken, indem man in die letzte Formel für  $h - a$  den Wert aus Formel 68) einsetzt. Man erhält:

$$f_e = \frac{3}{4}(h - a) = \frac{3}{4} \cdot 0,0390 \sqrt{M},$$

71)

$$f_e = 0,0293 \sqrt{M}.$$

Ist nach einer dieser Formeln der Gesamtquerschnitt der Eiseneinlage für 1 m Plattenbreite gefunden, so nimmt man den Querschnitt des einzelnen Stabes an, teilt  $f_e$  durch letzteren und findet so die Anzahl der Stäbe für 1 m Breite; oder man nimmt die Anzahl der Stäbe an, teilt  $f_e$  durch dieselbe und findet so die Querschnittsfläche eines Stabes (siehe Tabelle für die Querschnittsflächen runder Stäbe im Anhang).

Will man die Plattenstärke und die Stärke der Eiseneinlage nicht aus dem Biegemoment für  $b = 100$  cm Plattenbreite, sondern aus demjenigen für  $b$  cm Plattenbreite bestimmen, so werden die betreffenden Formeln:

$$\sigma_b = \frac{2 M}{b x \left( h - a - \frac{x}{3} \right)} \quad (\text{Formel 4}),$$

$$40 = \frac{2 M}{b \cdot \frac{3}{8}(h - a) \left[ (h - a) - \frac{(h - a) \cdot 3}{3 \cdot 8} \right]}$$

$$40 = \frac{2 M}{b \cdot \frac{3}{8}(h - a) \cdot \frac{7}{8}(h - a)} = \frac{128 M}{b \cdot 21(h - a)^2}$$

$$(h - a)^2 = \frac{128 M}{b \cdot 21 \cdot 40} = 0,152385 \frac{M}{b},$$

$$h - a = \sqrt{0,152385 \frac{M}{b}}$$

$$72) \quad h - a = 0,390 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

und aus Formel 7):

$$\frac{b \times}{2} \sigma_b = \sigma_e \cdot f_e$$

$$f_e = \frac{b \times \sigma_b}{2 \sigma_e}$$

$$f_e = \frac{b \times 40}{2 \cdot 1000}$$

$$73) \quad f_e = \frac{1}{50} b \cdot x.$$

Nach Formel 67) ist  $x = \frac{3}{8}(h - a)$ , also:

$$f_e = \frac{1}{50} \cdot b \cdot \frac{3}{8} (h - a),$$

$$74) \quad f_e = \frac{3}{400} \cdot b (h - a)$$

Setzt man hier  $h - a = 0,390 \sqrt{\frac{M}{b}}$  nach 72) ein, so erhält man:

$$f_e = \frac{3}{400} \cdot b \cdot 0,390 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$75) \quad f_e = 0,00293 \sqrt{M b}.$$

Hierin ist  $M$  das Biegemoment für  $b$  cm Platten- oder Balkenbreite in  $\text{kgcm}$  und  $b$  die Platten- oder Balkenbreite in cm.  $f_e$  ergibt sich in  $\text{qcm}$  ausgedrückt.

Diese Formeln gelten natürlich nur für  $\sigma_e = 1000 \text{ kg/qcm}$  und  $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$ . Für andere Werte für die Spannungen ergeben sich andere Koeffizienten, welche aus der Zusammenstellung II der „Bestimmungen“ zu entnehmen sind.

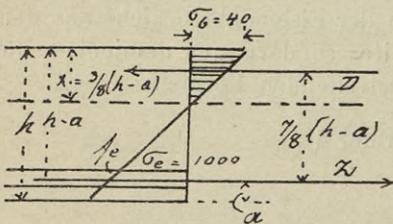
Für  $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$  und  $\sigma_e = 1000 \text{ kg/qcm}$  wird der Hebelarm zwischen Zug- und Druckkräften  $= \frac{7}{8}(h - a)$ . Dieser Wert ändert sich

nicht viel bei geringerer Betonpressung. Man kann hierdurch die erforderliche Eisenmenge leicht für die Stellen berechnen, wo  $M$  kleiner wird und zwar nach der Formel: (Fig. 388):

$$f_e = \frac{M}{\sigma_e \cdot \frac{7}{8} (h - a)}.$$

76)

Fig. 388.



Sehr zweckmässig sind Tabellen für die Abmessungen von Eisenbetonplatten und Eisenbetonbalken, die nach fortlaufenden Werten von  $M$  geordnet sind und wie sie z. B. von Prof. Mörsch befürwortet und in seinem

„Der Eisenbeton“ angegeben werden. Man kann aus denselben, nachdem M für 100 cm Breite berechnet wurde, sofort  $h - a$  und  $f_e$  entnehmen. Sie sind wie folgt eingerichtet:

Tabelle zur Bestimmung der Plattenabmessungen für  $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$  und  $\sigma_e = 1000 \text{ kg/qcm}$ .

M kgcm	$h - a$ cm	$f_e$ qcm	M kgcm	$h - a$ cm	$f_e$ qcm
10000	3,90	2,93	75000	10,68	8,01
15000	4,78	3,58	100000	12,35	9,27
20000	5,52	4,14	125000	13,80	10,35
30000	6,75	5,06	150000	15,13	11,35
40000	7,80	5,85	180000	16,60	12,45
50000	8,74	6,55	200000	17,45	13,09

### Platten und Balken mit oberer und unterer Einlage.

Man kann gewöhnlich zur Bestimmung der Abmessungen von Platten und Balken mit doppelter Einlage die Formeln für einfache Einlage verwenden.

Eine Eiseneinlage auch in der Zugzone ist namentlich bei Platten und Balken mit sehr geringer Stärke vorteilhaft.

### Plattenbalken.

Formeln zur Bestimmung der Abmessungen von Plattenbalken finden in der Regel nicht Verwendung. Der Abstand der Balken voneinander ist meist gegeben durch Säulenstellung, Fensterteilung, Stellung von Maschinen usw. Die

Fig. 389.

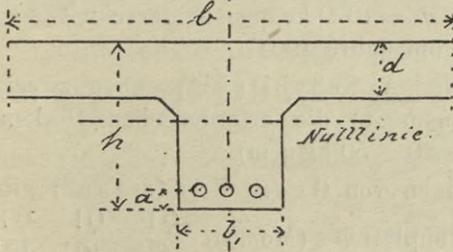
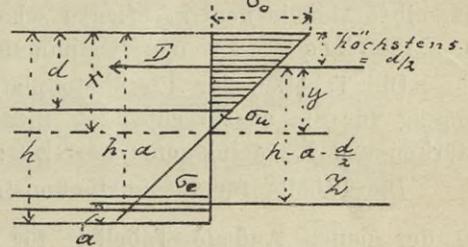


Fig. 390.



Dicke der Platte ist durch ihre Belastung und die Entfernung der Balken voneinander schon bestimmt.

Da die tiefste Lage der Druckmittelkraft höchstens die Plattenmitte sein kann, so wird der grösste Wert der Zugkraft Z sich ergeben (Fig. 389 u. 390) aus der Gleichung

$$M = Z \left( h - a - \frac{d}{2} \right) \text{ zu}$$

$$Z = \frac{M}{h - a - \frac{d}{2}}$$

Es ist aber  $Z = f_e \sigma_e$ , also

$$f_e \sigma_e = \frac{M}{h - a - \frac{d}{2}}$$

Hieraus ergibt sich der notwendige Eisenquerschnitt zu:

$$77) \quad f_e = \frac{M}{\sigma_e \left( h - a - \frac{d}{2} \right)}$$

Dieser Wert wird etwas zu gross, so dass die wirkliche Spannung im Eisen etwas niedriger bleibt als zulässig.

Auch bei den Plattenbalken kann man für gegebene Spannungen des Betons und Eisens die Abmessungen  $h - a$ ,  $f_e$  usw. durch das vorhandene Biegemoment ausdrücken. So gibt Kersten<sup>1)</sup> z. B. solche Tabellen an. Für  $\sigma_e = 1000$  und  $\sigma_b = 40$  kg/qcm gibt derselbe folgende Werte:

b cm	d cm	h - a cm	f <sub>e</sub> qcm	b cm	d cm	h - a cm	f <sub>e</sub> qcm
120	0,0133 $\sqrt{M}$	0,0356 $\sqrt{M}$	0,0321 $\sqrt{M}$	200	0,0100 $\sqrt{M}$	0,0276 $\sqrt{M}$	0,0414 $\sqrt{M}$
140	0,0124 $\sqrt{M}$	0,0330 $\sqrt{M}$	0,0347 $\sqrt{M}$	220	0,0098 $\sqrt{M}$	0,0263 $\sqrt{M}$	0,0435 $\sqrt{M}$
150	0,0120 $\sqrt{M}$	0,0319 $\sqrt{M}$	0,0359 $\sqrt{M}$	250	0,0093 $\sqrt{M}$	0,0247 $\sqrt{M}$	0,0463 $\sqrt{M}$
160	0,0114 $\sqrt{M}$	0,0305 $\sqrt{M}$	0,0370 $\sqrt{M}$	300	0,0084 $\sqrt{M}$	0,0225 $\sqrt{M}$	0,0507 $\sqrt{M}$
180	0,0109 $\sqrt{M}$	0,0291 $\sqrt{M}$	0,0393 $\sqrt{M}$				

Im folgenden führen wir eine Reihe von Tabellen- und Tafelwerken an, die zur Ermittlung der Querschnittsabmessungen von Platten event. auch von Plattenbalken dienen, und die zum Teil schon bei den Säulen genannt wurden. Einige derselben sind in neuen Auflagen schon für  $\sigma_e = 1000$  kg/qcm umgerechnet (statt  $\sigma_e = 1200$  kg/qcm nach den Bestimmungen vom Jahre 1904).

Die Tabellen für Eisenbetonplatten von A. Schybilski<sup>2)</sup> geben zweckmässig für die auszurechnenden Biegemomente die erforderlichen Deckenstärken und Eiseneinlagen ( $\sigma_e = 1200$ ;  $\sigma_b = 20 - 50$  kg/qcm).

Die Tabelle für Eisenbetonkonstruktionen von Georg Kaufmann<sup>3)</sup> gibt in der neuen Auflage Tabellen für Deckenplatten (Moment  $\frac{Ql}{8}$ ,  $\frac{Ql}{10}$ ,  $\frac{Ql}{12}$ ,  $\frac{Ql}{24}$ ,  $\frac{Ql}{2}$ ) und Plattenbalken. In der älteren Auflage war die Plattenbreite stets zu  $b = \frac{1}{3}$  angenommen. Die Zwischenräume zwischen der Eiseneinlage waren oft zu eng, die Trägerformate waren oft unwirtschaftlich und die Querkräfte nicht berücksichtigt.

<sup>1)</sup> Kersten, Der Eisenbetonbau. 3. Aufl. Berlin 1906, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

<sup>2)</sup> Berlin 1905. Verlag von Wilh. Ernst & Sohn. Preis 1.— Mark.

<sup>3)</sup> Berlin 1905. Verlag von Wilh. Ernst & Sohn. Preis 2 Mark. 2. Aufl. 1907. Preis 4,50 Mark.

Die Eisenbeton-Tabellen für Platten und Unterzüge von Gustav Schellenberg<sup>1)</sup> sind sehr ausführlich. Namentlich sind die Plattentabellen für Stärken von 5 bis 24 cm zweckmässig und übersichtlich. Bei den Unterzügen treten ähnliche Unzuträglichkeiten wie bei den Kaufmann'schen Tabellen hervor.

Die graphischen Tabellen von Haimovici<sup>2)</sup> setzen Beherrschung des Stoffes voraus. Die Trägertabellen sind sehr gut eingerichtet und gehen von  $\frac{M}{b}$  aus.

Die Zahlentafeln von Ramisch-Göldel<sup>3)</sup> geben für Deckenplatten bei Nutzlasten von 250 bis 3000 kg/qm Stärke und Gewicht der Platte sowie Eisenquerschnitt und Eisengewicht für Spannweiten von 1 bis 8 m.  $M$  ist nach  $\frac{p l^2}{24}$  berechnet bei  $\sigma_s = 1200$  und  $\sigma_b = 50$  kg/qcm. Zur Umrechnung für  $M = \frac{p l^2}{8}$   $\frac{p l^2}{10}$  usw. ist eine Hilfstafel beigelegt. Wünschenswert wäre die Hinzufügung der Momente.

Statik und Diagramme zum Dimensionieren der Decken und Stützen im Massivbau von O. Kohlmorgen<sup>4)</sup>. Den Inhalt bilden Platten, Plattenbalken und Stützen. Formeln für die Konstruktion sowie für die Revision. Diagramme für die Lage der Nulllinie, für die Nutzstärke von Platten und Plattenbalken.

Formeln, Tabellen und Grundsätze für die Berechnung von Eisenbeton-Bauausführungen von E. Turley<sup>5)</sup>. 1. Formeln zur Ermittlung der Spannungen für Platten mit einfacher und doppelter Einlage, für Plattenbalken und Stützen. 2. Formeln und Tabellen zur Bestimmung der Querschnittsabmessungen. Die Tabellen sind zweckmässig nach fortschreitenden Werten von  $M$  geordnet. Zu entnehmen sind für ein bestimmtes Moment von 15000 bis 400000 kg/qcm auf 1 m Breite: Nutzhöhe  $h - a$ , Abstand  $x$  der Nulllinie vom oberen Plattenrande, Hebelarm  $e$  zwischen Zug- und Druckmittelpunkt, Eisenmenge  $f_s$  und Eigengewicht für 1 qm. Die Tabelle für Plattenbalken bezieht sich auf Werte von  $\frac{M}{b}$  von 100 000 bis 3 000 000, fortschreitende Werte von  $h - a$  und Eisenspannung 1200 kg/qcm und gibt  $\sigma_b$ ,  $f_s$  und  $x$ . Die Betonspannungen gehen von 15 bis 40 kg/qcm. Die Tabellen eignen sich zum Entwerfen und zur Prüfung von vorhandenen Entwürfen. Tabelle 3 gibt die Bügelentfernungen bei Stützen.

### Schubspannungen und Haftspannungen.

Bei Bauteilen, die auf Biegung beansprucht werden, treten ausser den Biegemomenten Querkräfte senkrecht zur Achse der beanspruchten Körper auf, welche auf Tafel II und IV für die einfachsten Belastungsfälle und Unterstützungsarten dargestellt sind. Dieselben erzeugen zunächst Schubspannungen in den zur Achse senkrechten Querschnittsflächen (Fig. 391).

<sup>1)</sup> Verlag der Tonindustrie-Zeitung 1905. Preis 10 Mark.

<sup>2)</sup> Leipzig, B. G. Teubner. Preis 10 Mark.

<sup>3)</sup> Berlin 1905, Verlag der Tonindustrie-Zeitung. Preis 3 Mark.

<sup>4)</sup> Verlag von Julius Hoffmann in Stuttgart. 1907. Preis 2 Mark.

<sup>5)</sup> Berlin 1906, Verlag der Tonindustrie-Zeitung. Preis 2.50 Mark.

Die Grösse dieser vertikalen Schubspannungen im Beton und im Eisen wird:

78) 
$$\tau_b = \frac{V}{F + n f_e}$$

79) 
$$\tau_e = \frac{n V}{F + n f_e}$$

(entsprechend den Formeln 44) und 45) für die Druckbeanspruchung beider Baustoffe in zentrisch belasteten Säulen).

Bei gewöhnlichen Fällen des Hochbaues brauchen diese Beanspruchungen in der Regel nicht ermittelt zu werden, da sie fast immer unter der zulässigen

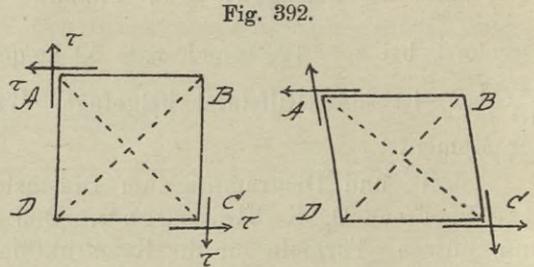
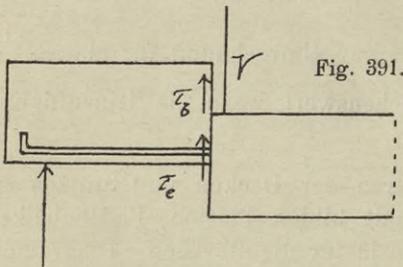
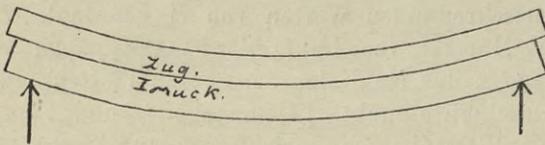


Fig. 392.

Beanspruchung (4,5 kg/qcm oder 1/5 der durch Versuche nachgewiesenen Schubfestigkeit des Betons bzw. 800 kg/qcm beim Eisen) zurückbleiben.

Fig. 393.



Beanspruchung (4,5 kg/qcm oder 1/5 der durch Versuche nachgewiesenen Schubfestigkeit des Betons bzw. 800 kg/qcm beim Eisen) zurückbleiben.

Durch die genannten Schubspannungen in den Querschnitten werden jedoch andere senkrecht dazu, also parallel der Stabachse hervorgerufen, die von grösserer Bedeutung sind (Fig. 392). Sie sollen eine Zerstörung des stabförmigen Bauteils nach Fig. 393 verhindern. Sie sind über den Querschnitt nach Fig. 394 verteilt, am oberen Rande gleich Null, erreichen in der neutralen Achse ihren höchsten Wert und behalten diesen bis zur unteren Eisen-einlage bei.

Fig. 394.

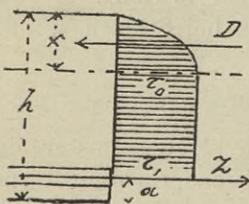
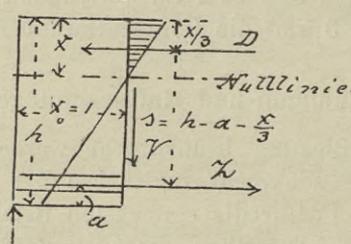


Fig. 395.



Für einen Schnitt in der Entfernung  $x_0 = 1$  vom Auflager wird zur Erhaltung des Gleichgewichts (Fig. 395):

$$D \cdot s = V \cdot x_0$$

oder

$$D \left( h - a - \frac{x}{3} \right) = V \cdot 1.$$

Nun ist

$$D = Z = \tau_0 \cdot 1,0 \cdot b,$$

$$\tau_0 \cdot 1,0 \cdot b \left( h - a - \frac{x}{3} \right) = V \cdot 1,0,$$

$$80) \quad \tau_0 = \frac{V}{b \left( h - a - \frac{x}{3} \right)}.$$

Diese Schubspannung in der Nulllinie muss auch gleich der Haftspannung am Eisen sein, also:

$$\tau_0 \cdot 1,0 \cdot b = \tau_1 \cdot 1,0 \cdot u,$$

$$81) \quad \tau_1 = \frac{\tau_0 \cdot b}{u} = \frac{V}{u \left( h - a - \frac{x}{3} \right)},$$

worin u den Umfang der Eiseneinlagen auf eine Breite = b bedeutet.

Die ermittelte Haftspannung darf die zulässige Schubspannung nicht überschreiten.

Die Beispiele 1, 2, 3, 4 und 6 der „Bestimmungen“ zeigen die Anwendung dieser Formeln und wie z. B. durch Aufbiegen der Einlageeisen (Beispiel 6) grössere Schubspannungen als zulässig teilweise aufgenommen werden.

Anmerkung: Zur Ermittlung der Spannungen in Gewölben bedient man sich der Formeln für zentrischen oder exzentrischen Druck. Letztere Formeln dienen auch zur Bestimmung der Spannungen von Balken, die auf Biegung und zugleich durch eine Axialkraft beansprucht werden.

Flächeninhalte und Trägheitsmomente für Säulenquerschnitte.

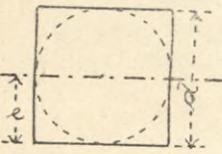
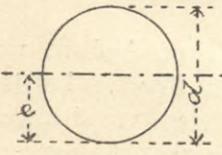
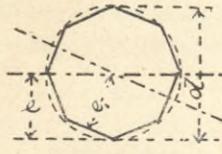
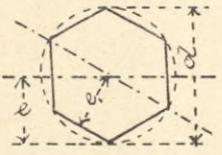
Querschnitt	d			F			J		
	cm	qcm	cm <sup>4</sup>	cm	qcm	cm <sup>4</sup>	cm	qcm	cm <sup>4</sup>
<b>Quadrat</b>  $F = d^2$ $J = \frac{d^4}{12}$ $e = \frac{d}{2}$	11	121	1220	21	441	16207	31	961	76960
	12	144	1728	22	484	19521	32	1024	87381
	13	169	2380	23	529	23320	33	1089	98827
	14	196	3201	24	576	27648	34	1156	111361
	15	225	4219	25	625	32552	35	1225	125052
	16	256	5461	26	676	38081	36	1296	139968
	17	289	6960	27	729	44287	37	1369	156180
	18	324	8748	28	784	51221	38	1444	173761
	19	361	10860	29	841	58940	39	1521	192787
	20	400	13333	30	900	67500	40	1600	213333
<b>Kreis</b>  $F = \frac{d^2 \pi}{4}$ $J = \frac{d^4 \pi}{64}$ $e = \frac{d}{2}$	11	95	719	21	346	9547	31	755	45333
	12	113	1018	22	380	11499	32	804	51472
	13	133	1402	23	415	13737	33	855	58214
	14	154	1886	24	452	16286	34	908	65597
	15	177	2485	25	491	19175	35	962	73662
	16	201	3217	26	531	22432	36	1018	82448
	17	227	4100	27	573	26087	37	1075	91998
	18	254	5153	28	616	30172	38	1134	102354
	19	284	6397	29	661	34719	39	1195	113561
	20	314	7854	30	707	39761	40	1257	125664
<b>Achteck</b>  $F = 2,828 r^2$ $J = 0,6381 r^4$ $e_1 = 0,924 r$ $e = r$	11	86	584	21	309	7779	31	673	36941
	12	102	827	22	339	9370	32	717	41943
	13	119	1139	23	370	11194	33	762	47437
	14	139	1532	24	403	13271	34	809	53453
	15	159	2025	25	438	15625	35	857	60025
	16	179	2621	26	473	18279	36	907	67185
	17	202	3341	27	510	21258	37	958	74966
	18	227	4199	28	549	24586	38	1011	83405
	19	253	5213	29	589	28291	39	1065	92538
	20	280	6400	30	630	32400	40	1120	102400
<b>Sechseck</b>  $F = 2,589 r^2$ $J = 0,5413 r^4$ $e = r$ $e_1 = 0,866 r$	11	78	495	21	287	6564	31	625	31169
	12	93	701	22	315	7906	32	666	35389
	13	109	966	23	344	9445	33	708	40025
	14	127	1300	24	374	11197	34	751	45101
	15	146	1709	25	406	13184	35	796	50646
	16	166	2211	26	439	15423	36	842	56687
	17	188	2819	27	474	17936	37	890	63253
	18	211	3543	28	510	20745	38	939	70373
	19	235	4398	29	547	23871	39	989	78079
	20	260	5400	30	585	27338	40	1040	86400

Tabelle für Rundeisen.

Drehmesser	Gewicht	Umfang	Querschnittsfläche											
			1 Stück	2 Stück	3 Stück	4 Stück	5 Stück	6 Stück	8 Stück	10 Stück	12 Stück	16 Stück		
mm	kg/m	cm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm	qcm
1	0,006	0,31	0,0079	0,016	0,024	0,031	0,039	0,047	0,063	0,079	0,095	0,126		
2	0,024	0,63	0,031	0,063	0,094	0,128	0,157	0,188	0,25	0,31	0,38	0,50		
3	0,055	0,94	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,56	0,70	0,85	1,12		
4	0,098	1,26	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,76	1,00	1,26*	1,52	2,02		
5	0,153	1,57	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,57	1,96	2,35	3,14		
6	0,220	1,89	0,28	0,56	0,85	1,13	1,41	1,70	2,26	2,82	3,39	4,53		
7	0,300	2,20	0,38	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	3,08	3,84	4,61	6,14		
8	0,392	2,51	0,50	1,00	1,51	2,01	2,51	3,01	4,02	5,02	6,02	8,02		
9	0,496	2,83	0,64	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	5,08	6,36	7,63	10,18		
10	0,612	3,14	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	6,28	7,85	9,42	12,50		
11	0,740	3,46	0,95	1,90	2,85	3,80	4,75	5,70	7,60	9,50	11,40	15,20		
12	0,881	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	9,05	11,31	13,57	18,10		
13	1,034	4,08	1,33	2,65	3,98	5,31	6,64	7,96	10,62	13,27	15,92	21,23		
14	1,199	4,40	1,54	3,08	4,62	6,10	7,70	9,24	12,32	15,39	18,47	24,62		
15	1,377	4,71	1,77	3,53	5,30	7,07	8,84	10,60	14,14	17,67	21,20	28,27		
16	1,568	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	16,08	20,11	24,13	32,18		
17	1,768	5,34	2,27	4,54	6,81	9,08	11,35	13,62	18,16	22,70	27,24	36,32		
18	1,983	5,65	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,26	20,36	25,45	30,54	40,72		
19	2,209	5,97	2,84	5,67	8,51	11,34	14,18	17,02	22,68	28,35	34,02	45,36		
20	2,488	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,84	25,14	31,42	37,70	50,27		
21	2,698	6,60	3,46	6,93	10,39	13,85	17,32	20,78	27,70	34,64	41,57	55,42		
22	2,962	6,91	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	30,41	38,01	45,61	60,82		
23	3,257	7,23	4,18	8,31	12,46	16,62	20,77	24,93	33,24	41,55	49,86	66,48		
24	3,525	7,54	4,52	9,05	13,57	18,10	22,62	27,14	36,19	45,24	54,29	72,38		
25	3,824	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	39,27	49,09	58,91	78,54		
26	4,136	8,17	5,31	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	42,47	53,10	63,72	84,98		
27	4,461	8,48	5,73	11,45	17,18	22,90	28,63	34,35	45,80	57,26	68,71	91,62		
28	4,797	8,80	6,16	12,31	18,47	24,63	30,79	36,94	49,26	61,58	73,90	98,53		
29	5,146	9,11	6,60	13,21	19,81	26,42	33,02	39,62	52,84	66,85	80,22	106,96		
30	5,507	9,42	7,07	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	56,55	70,68	84,82	113,09		
31	5,280	9,74	7,55	15,09	22,64	30,19	37,74	45,29	60,38	75,48	90,58	120,77		
32	6,266	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,26	64,34	80,42	96,50	128,67		
33	6,644	10,37	8,55	17,11	25,56	34,21	42,76	51,32	68,42	85,53	102,64	136,85		
34	7,074	10,68	9,08	18,16	27,24	36,32	45,40	54,48	72,63	90,79	108,95	145,26		
35	7,496	11,00	9,62	19,24	28,86	38,48	48,11	57,73	76,97	96,21	115,45	153,94		
36	7,930	11,31	10,18	20,36	30,54	40,74	50,90	61,07	81,43	101,79	122,15	162,88		
37	8,377	11,62	10,75	21,50	32,26	43,01	53,76	64,51	86,02	107,52	129,02	172,03		
38	8,836	11,94	11,84	22,68	34,02	45,36	56,70	68,04	90,73	113,41	136,09	181,46		
39	9,307	12,25	11,94	23,89	35,48	47,78	59,73	71,68	95,57	119,46	143,35	191,14		
40	9,791	12,57	12,56	25,13	37,70	50,26	62,83	75,40	100,53	125,66	150,79	201,06		
41	10,280	12,88	13,20	26,41	39,61	52,81	66,01	79,22	105,62	132,03	158,44	211,25		
42	10,794	13,20	13,85	27,71	41,56	55,42	69,25	83,12	110,83	138,54	166,25	221,66		
43	11,314	13,51	14,52	29,04	43,56	58,09	72,61	87,13	116,18	145,22	174,26	232,35		
44	11,846	13,82	15,20	30,41	45,61	60,82	76,00	91,23	121,64	152,05	182,46	243,35		
45	12,391	14,14	15,90	31,81	47,71	63,62	79,50	95,42	127,23	159,04	190,85	254,46		
46	12,948	14,45	16,62	33,24	49,86	66,48	83,10	99,71	132,95	166,19	199,43	265,90		
48	14,008	15,08	18,09	36,19	54,29	72,38	90,45	108,58	144,77	180,96	217,15	289,53		
50	15,296	15,71	19,63	39,27	58,90	78,54	98,15	117,81	157,08	196,35	235,62	314,16		

\*

### Maximalbiegungsmomente

für über mehrere Stützen fortlaufende, freiaufliegende Träger mit gleichweiten Oeffnungen und gleichmäfsig verteilter Belastung.<sup>1)</sup>

Bezeichnungen:  $l$  = Weite einer Oeffnung in m,  
 $x$  = Entfernung vom linken Auflager in m,  
 $g$  = Eigengewicht in kg/m.  
 $p$  = Nutzlast in kg/m.

#### Träger auf 3 Stützen mit 2 gleichweiten Oeffnungen.

$\frac{x}{e}$	Biegungsmomente in kgcm			$\frac{x}{e}$	Biegungsmomente in kgcm		
	Einfluss v. g	Einfluss von p			Einfluss v. g	Einfluss von p	
		M	max + M			max - M	M
0	0	0	0	0,7	+ 0,0175	0,06125	0,04375
0,1	+ 0,0325	0,03875	0,00625	0,75	0	0,04688	0,04688
0,2	+ 0,0550	0,06750	0,01250	0,8	- 0,0200	0,03000	0,05000
0,3	+ 0,0675	0,08625	0,01875	0,85	- 0,0425	0,01523	0,05773
0,4	+ 0,0700	0,09500	0,02500	0,9	- 0,0675	0,00611	0,07361
0,5	+ 0,0625	0,09375	0,03125	0,95	- 0,0950	0,00138	0,09638
0,6	+ 0,0450	0,08250	0,03750	1	- 0,1250	0	0,12500
	$\times g l^2 \cdot 100$	$\times p l^2 \cdot 100$	$\times p l^2 \cdot 100$		$\times g l^2 \cdot 100$	$\times p l^2 \cdot 100$	$\times p l^2 \cdot 100$

#### Träger auf 4 Stützen mit 3 gleichweiten Oeffnungen.

$\frac{x}{e}$	Biegungsmomente in kgcm			$\frac{x}{e}$	Biegungsmomente in kgcm		
	Einfluss v. g	Einfluss von p			Einfluss v. g	Einfluss von p	
		M	max - M			max + M	M
(1. Oeffnung)		-	+	(2. Oeffnung)		-	+
0	0	0	0	0	- 0,10000	0,11667	0,01667
0,1	+ 0,035	0,005	0,040	0,05	- 0,07625	0,09033	0,01408
0,2	+ 0,060	0,010	0,070	0,1	- 0,05500	0,06248	0,00748
0,3	+ 0,075	0,015	0,090	0,15	- 0,03625	0,05678	0,02053
0,4	+ 0,080	0,020	0,100	0,2	- 0,020	0,050	0,030
0,5	+ 0,075	0,025	0,100	0,2764	0	0,050	0,050
0,6	+ 0,060	0,030	0,090	0,3	+ 0,005	0,050	0,055
0,7	+ 0,035	0,035	0,070	0,4	+ 0,020	0,050	0,070
0,8	0	0,04022	0,04022	0,5	+ 0,025	0,050	0,075
0,85	- 0,02125	0,04898	0,02773		$\times g l^2 \cdot 100$	$\times p l^2 \cdot 100$	$\times p l^2 \cdot 100$
0,9	- 0,04500	0,06542	0,02042				
0,95	- 0,07125	0,08831	0,01706				
1	- 0,10000	0,11667	0,01667				

<sup>1)</sup> Die Anwendung der Werte dieser Tabellen zeigt das Beispiel 7 auf Seite 219. Im übrigen ist § 14, 3 u. 5 der „Bestimmungen“ (Seite 202 u. 203) zu beachten.

## Prüfungsanstalten für Baustoffe.

### **Berlin.**

1. **Königliches Materialprüfungsamt der Königlichen Technischen Hochschule Berlin zu Gross-Lichterfelde-West.** Direktor: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. h. c. A. Martens.

2. **Dr. Michaelis. Chemisch-technisches Laboratorium für hydraulische Bindemittel, nebst Prüfungsanstalt für Baumaterialien.** Berlin NO., Friedenstr. 19.

3. **Prof Dr. H. Seeger u. E. Cramer: Chem. Laboratorium für Tonindustrie.** Berlin NW. 21, Dreysestr. 4.

### **Blankenese.**

**Dr. Hermann Passow. Chemisch-technische Versuchsstation.** (Laboratorium des Vereins deutscher Eisenportlandzementwerke). Blankenese a. d. Elbe.

### **Chemnitz.**

**Prüfungsanstalt für Baumaterialien an den Technischen Staatslehranstalten.** Schillerplatz. Vorstand: Baurat Prof. A. Gottschaldt.

### **Dresden.**

1. **Königl. sächsische mechanisch-technische Versuchsanstalt der Königl. Technischen Hochschule.** Direktor: Reg.-Rat Prof. H. v. Scheit.

2. **Prüfungsanstalt für Baumaterialien an der Königl. Baugewerkschule.** Dresden N., Privatstr. 2. Vorstand: Prof. P. Kayser.

### **Karlshorst.**

**Laboratorium des Vereins deutscher Portland-Zementfabrikanten.** Vorsteher: Dr. Framm.

### **Karlsruhe.**

**Grossherzogliche chemisch-technische Prüfungsanstalt.** Abteilung für Baumaterialprüfung. Vorstand: Geh. Hofrat Prof. Dr. Bunte.

### **München.**

**Mechanisch-technisches Laboratorium der Königlichen Technischen Hochschule.** Vorstand: Prof. Dr. A. Föppl.

### **Stuttgart.**

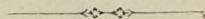
**Materialprüfungsanstalt an der Königl. Technischen Hochschule.** Vorstand: Königl. Baudirektor Prof. C. v. Bach.

### **Wien.**

**Prüfungsanstalt für Baumaterialien an der I. Stadtgewerbeschule in Wien I.** Schellinggasse 13. Vorstand: Baurat Prof. A. Hanisch.

### **Zürich.**

**Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am schweizerischen Polytechnikum.**



**Verlag von Bernh. Friedr. Voigt in Leipzig**

---

R. Schöler

## **Die Statik und Festigkeitslehre des Hochbaues**

einschliesslich der Theorie der Beton- und Betoneisenkonstruktionen.

Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet.

Zweite verbesserte und erweiterte Auflage.

Mit 612 Textabbildungen, 13 zum Teil farbigen Tafeln und 15 Querschnittstabellen.

Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.

---

R. Schöler

## **Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues**

umfassend die Berechnung und Anordnung der Konstruktionselemente, der Verbindungen und Stösse der Walzeisen, der Träger und deren Lager, der Decken, Säulen, Wände, Balkone und Erker, der Treppen, Dächer und Oberlichter.

Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet.

Zweite verbesserte Auflage.

Mit 833 Textabbildungen, darunter 9 Tafeln und 18 Tabellen.

Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.

---

L. Hintz

## **Die Baustatik**

Ein elementarer Leitfaden zum Selbstunterricht und praktischen Gebrauch für Architekten, Baugewerksmeister und Schüler bautechnischer Lehranstalten.

Vierte vollständig neubearbeitete Auflage.

Mit 354 Textabbildungen und einer Tafel.

Geh. 7 Mark 50 Pfg. Geb. 9 Mark.

---

C. Frohn

## **Die graphische Statik**

Zum Gebrauche an technischen Unterrichtsanstalten, zum Selbststudium und für die Bureaupraxis.

Mit 115 Textabbildungen und 3 Tafeln.

Lex.-8. Geh. 3 Mark 50 Pfg. Geb. 4 Mark 50 Pfg.

---

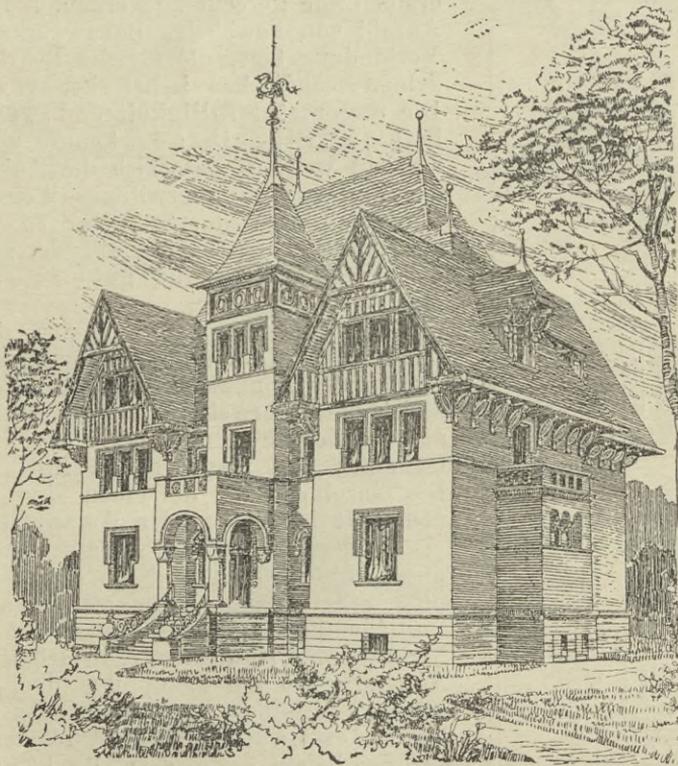
Ankündigung

DAS HANDBUCH  
DES  
**BAUTECHNIKERS**

EINE ÜBERSICHTLICHE ZUSAMMENFASSUNG DER AN BAUGEWERK-  
SCHULEN GEPFLEGTEN TECHNISCHEN LEHRFÄCHER

UNTER MITWIRKUNG  
VON  
**ERFAHRENEH BAUGEWERKSCHULLEHRERN**

HERAUSGEGEBEN  
VON  
**HANS ISSEL**  
ARCHITEKT UND KGL. BAUGEWERKSCHULLEHRER



ACHTZEHN BÄNDE, LEX.-8°, MIT ETWA 10000 TEXTABBILDUNGEN UND 300 TAFELN  
PREIS EINES JEDEN BANDES 5 Mk. GEH.; 6 Mk. GEB.



LEIPZIG 1907  
VERLAG VON BERNH. FRIEDR. VOIGT

## Einführung

In unserer reichhaltigen technischen Literatur vermissten wir noch immer ein umfassendes und dabei brauchbares und billiges Handbuch, das dem Bautechniker bei seinen Studien auf der Schule und zugleich bei seinem Wirken in der Praxis förderlich zur Seite stehen konnte. Ein solches Handbuch muss drei Haupt-Anforderungen erfüllen: Es muss kurz, klar und sachlich geschrieben sein; es muss durch eine möglichst grosse Zahl guter Illustrationen erläutert werden und endlich, es muss handlich im Gebrauche sein.

Diesen Bedingungen suchte die unterzeichnete Verlagshandlung bei der Herausgabe des vorliegenden „Handbuches des Bautechnikers“ in erster Linie gerecht zu werden, indem sie mit einer Anzahl von bewährten Baugewerkschulmännern in Verbindung trat, die für die Bearbeitung der einzelnen technischen Lehrfächer gewonnen wurden. Die **ungemeine Billigkeit** und **grosse Reichhaltigkeit** der Einzelbände konnte aber nur dadurch erreicht werden, dass sich die Autoren sowohl als der Verleger in opferwilliger Weise dem Gesamtinteresse unterordneten. Nur so war es möglich, ein Handbuch zu schaffen, das der gestellten Grundbedingung „**billig und gut**“ zu entsprechen vermochte.

Die einzelnen Bände lehnen sich in der Vorführung des Lehrstoffes zunächst an die Anforderungen der Baugewerkschule an; sie sind aber zugleich derart erweitert worden, dass sie auch dem aus der Schule in die Praxis hinaustretenden Bautechniker von wirklichem Nutzen sein können. Die einzelnen Titel derselben sind auf der folgenden Seite in eingehender Weise wiedergegeben.

Schon jetzt beweist die günstige Aufnahme, die unser Unternehmen in den betreffenden Kreisen gefunden hat, dass wir hier ein Lehr- und Hilfsbuch bieten, das seinen Namen mit Recht verdient. Nicht minder ist aus den zahlreichen anerkennenden Aeusserungen der Fachpresse über die bisher erschienenen Bände zu ersehen, dass wir im „Handbuch des Bautechnikers“ tatsächlich ein Werk veröffentlichen, das den Bedürfnissen der Schule und den Anforderungen der Praxis in gleicher Weise entspricht.

Leipzig, 1907

Die Verlagsbuchhandlung  
Bernh. Friedr. Voigt

Fig. 250.

Aus Band III:  
Die Bauformenlehre  
zweite Auflage

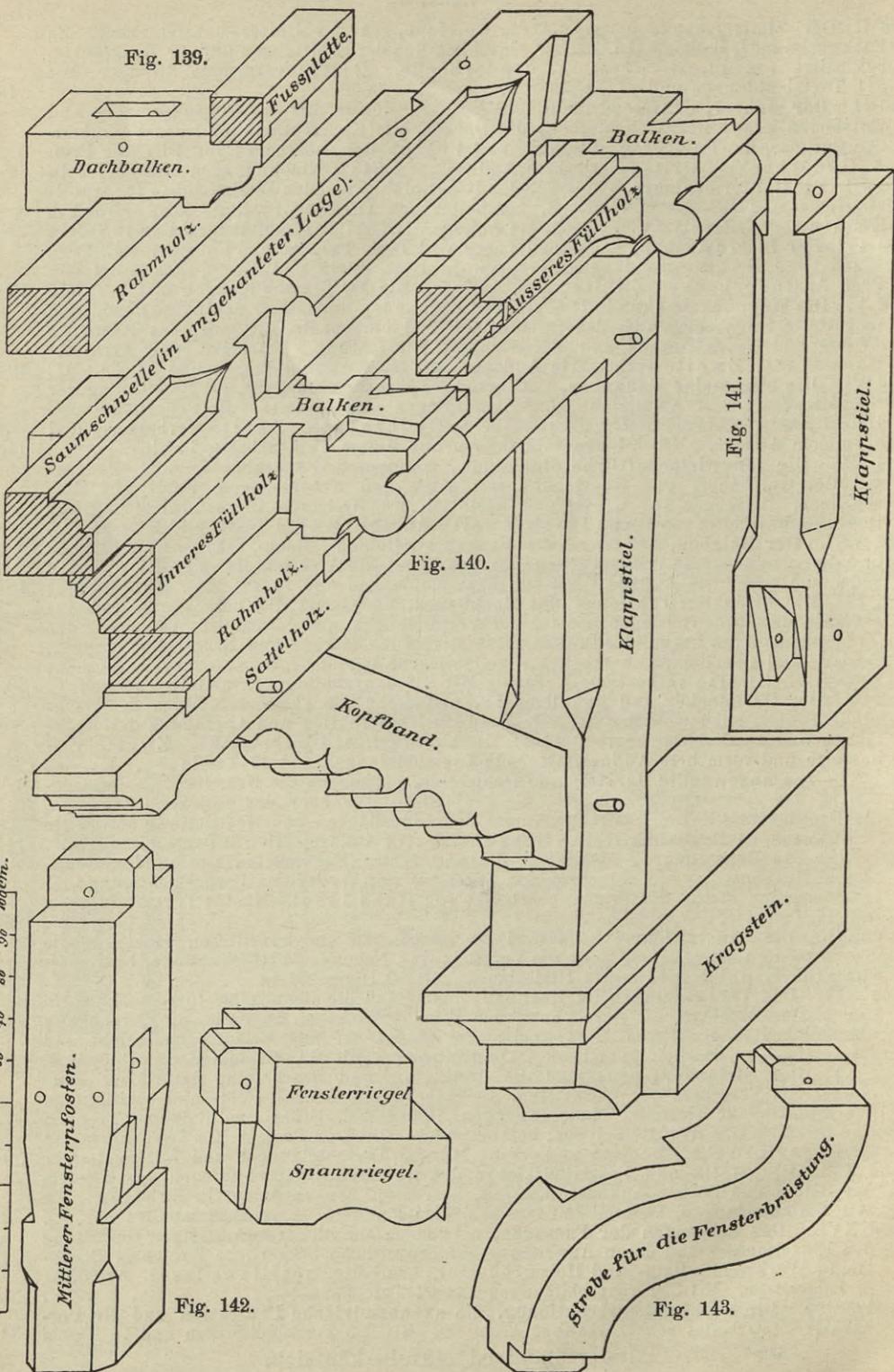
# Das Handbuch des Bautechnikers

	Seite
Band I. <b>Der Zimmermann</b> , umfassend die Verbindungen der Hölzer untereinander, die Fachwerkwände, Balkenlagen, Dächer einschliesslich der Schiftungen und die Baugerüste, bearbeitet von Direktor Prof. A. Opperbecke. Dritte vermehrte Auflage. Mit 811 Textabbildungen und 27 Tafeln	4—5
Band II. <b>Der Maurer</b> , umfassend die Gebäudemauern, den Schutz der Gebäudemauern und Fussböden gegen Bodenfeuchtigkeit, die Decken, die Konstruktion und das Verankern der Gesimse, die Fussböden, die Putz- und Fugarbeiten, bearbeitet von Direktor Prof. A. Opperbecke. Dritte vermehrte Auflage. Mit 743 Textabbildungen und 23 Tafeln	6—7
Band III. <b>Die Bauformenlehre</b> , umfassend den Backsteinbau und den Werksteinbau für mittelalterliche und Renaissance-Formen, bearbeitet von Direktor Prof. A. Opperbecke. Zweite vervollständigte und berichtigte Auflage. Mit 537 Textabbildungen und 18 Tafeln	8—9
Band IV. <b>Der innere Ausbau</b> , umfassend Türen und Tore, Fenster und Fensterverschlüsse, Wand- und Deckenvertäfelungen, Treppen in Holz, Stein und Eisen, bearbeitet von Prof. A. Opperbecke. Zweite verm. Auflage. Mit 600 Textabbildungen und 7 Tafeln	10—11
Band V. <b>Die Wohnungsbaukunde</b> (Bürgerliche Baukunde), umfassend das freistehende und eingebaute Einfamilienhaus, das freistehende und eingebaute Miethaus, das städtische Wohn- und Geschäftshaus und deren innere Einrichtung, bearbeitet von Architekt Hans Issel. Zweite verbesserte Auflage. Mit 583 Textabbildungen und 23 Tafeln	12—13
Band VI. <b>Die allgemeine Baukunde</b> , umfassend die Wasserversorgung, die Beseitigung der Schmutzwässer und Abfallstoffe, die Abortanlagen und Pissoirs, die Feuerungs- und Heizungsanlagen, bearbeitet von Professor A. Opperbecke. Zweite verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 694 Textabbildungen und 6 zum Teil farbigen Tafeln	14—15
Band VII. <b>Die landwirtschaftliche Baukunde</b> , umfassend Bauernhäuser und Bauerngehöfte, Gutshäuser und Gutsgehöfte mit sämtlichen Nebenanlagen, Feld- und Hofscheunen, Stallungen für Gross- und Kleinvieh und Gebäude für landwirtschaftliche Gewerbe, bearbeitet von Hans Issel. Zweite Auflage. Mit 684 Textabbildgn u. 24 Taf.	16—17
Band VIII. <b>Der Holzbau</b> , umfassend den Fachwerk-, Bohlen-, Block-, Ständer- und Stabbau und deren zeitgemässe Wiederverwendung, bearbeitet von Architekt Hans Issel. Zweite bedeutend erweiterte Auflage. Mit 500 Textabbildungen und 15 Tafeln	18—19
Band IX. <b>Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues</b> , umfassend die Berechnung und Anordnung der Konstruktionselemente, der Verbindungen und Stösse der Walzisen, der Träger und deren Lager, der Decken, Säulen, Wände, Balkone und Erker, der Treppen, Dächer und Oberlichter, bearbeitet von Oberlehrer Ingenieur R. Schüler in Barmen-Elberfeld. Zweite verbesserte Auflage. Mit 833 Textabbildungen und 18 Tabellen	20—21
Band X. <b>Der Dachdecker und Bauklempner</b> , umfassend die sämtlichen Arten der Dach-eindeckungen mit feuersicheren Stoffen und die Konstruktion und Anordnung der Dachrinnen und Abfallrohre, bearbeitet von Direktor Prof. A. Opperbecke. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 745 Textabbildungen und 17 Tafeln	22—23
Band XI. <b>Die angewandte darstellende Geometrie</b> , umfassend die Grundbegriffe der Geometrie, das geometrische Zeichnen, die Projektionslehre oder das projektive Zeichnen, die Dachaussmittelungen, Schraubenlinien, Schraubenflächen und Krümmlinge sowie die Schiftungen, bearbeitet von Erich Geyger. Zweite Auflage. Mit 570 Textabbildungen.	24—25
Band XII. <b>Die Baustillehre</b> , umfassend die wichtigsten Entwicklungsstufen der Monumental-Baukunst in den verschiedenen Stilarten, mit besonderer Berücksichtigung der massgebenden Einzel-Bauformen, bearbeitet von Hans Issel. Mit 454 Textabbildungen und 17 Tafeln	26—27
Band XIII. <b>Die Baustofflehre</b> , umfassend die natürlichen und künstlichen Bausteine, die Bauhölzer und Mörtelarten, sowie die Verbindungs-, Neben- und Hilfsbaustoffe, bearbeitet von Prof. Ernst Nöthling in Hildesheim. Mit 30 Doppeltafeln	28
Band XIV. <b>Das Veranschlagen im Hochbau</b> , umfassend die Grundsätze für die Entwürfe und Kostenanschläge, die Berechnung der hauptsächlichsten Baustoffe, die Berechnung der Geldkosten der Bauarbeiten und einen Bauentwurf mit Erläuterungsbericht und Kostenanschlag, bearbeitet von Prof. A. Opperbecke. Mit 20 Textabbildgn. u. 22 Doppeltaf.	29
Band XV. <b>Der Steinmetz</b> , umfassend die Gewinnung und Bearbeitung natürlicher Bausteine, das Versetzen der Werksteine, die Mauern aus Bruch-, Feld- und bearbeiteten Werksteinen, die Gesimse, Maueröffnungen, Hausgiebel, Erker und Balkone, Treppen und Gewölbe mit Werksteinrippen, bearbeitet von Direktor Prof. A. Opperbecke und Architekt H. Wittenbecher in Zerbst. Mit 609 Textabbildungen und 7 Doppeltafeln	30—31
Band XVI. <b>Die Statik und Festigkeitslehre des Hochbaues</b> einschliesslich der Theorie der Beton- und Betoneisenkonstruktionen, bearbeitet von Ingenieur R. Schüler. Mit 570 Textabbildungen, 13 zum Teil farbigen Tafeln und 15 Querschnittstabellen	32—33
Band XVII. <b>Das Entwerfen der Fassaden</b> , entwickelt aus der zweckmässigen Gestaltung der Einzelformen und deren Anwendung auf neuzeitliche bürgerliche Bauten in Bruchstein-, Werkstein-, Putz- und Holzarchitektur, bearbeitet von Hans Issel, Architekt in Hildesheim. Mit 350 Textabbildungen und 24 Tafeln	34
Band XVIII. <b>Die Schattenkonstruktionen, die axonometrische Projektion und die Perspektive</b> , bearbeitet von L. Haass, Architekt. Mit 255 Textabbildungen und 16 Tafeln	34

Jeder Band ist einzeln käuflich.

Preis eines jeden Bandes 5 Mk. geheftet, 6 Mk. gebunden.

Fig. 139.



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band I:

**Direktor A. Opperbecke, Der Zimmermann,**

umfassend die Verbindungen der Hölzer untereinander, die Fachwerkwände, Balkenlagen, Dächer einschliesslich der Schiften und die Baugerüste.

Dritte vermehrte Auflage. Mit 811 Textabbildungen und 27 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
<b>Vorwort</b> . . . . .	V—VI
<b>A. Allgemeines</b> . . . . .	1—8
Zimmerplatz, Werkstätte, Schnürboden. — Werkzeuge, Maschinen, Rüstzeug. — Die vom Zimmermann benutzten Hölzer. — Schwere des Holzes. — Schwinden des Holzes. — Festigkeit, Tragfähigkeit, Härte, Fäulen, Fehler und Krankheiten des Holzes. — Vorsichtsmassregeln gegen die Entstehung des Hausschwammes. — Vertilgung des Hausschwammes. — Vorbeugungsmittel gegen das Faulen des Holzes. — Zurichtung des Bauholzes.	
<b>B. Die Verbindung der Hölzer untereinander</b> . . . . .	9—23
Die Verlängerung der Hölzer. — Die Verknüpfungen der Hölzer. — Die Verstärkung der Hölzer.	
<b>C. Fachwerkwände</b> . . . . .	23—41
Die Hölzer des Wandgerüsts. — Vortretende Balkenköpfe. — Ausmauerung der Wandfache. — Fachwände für stark belastete Gebäude. — Hängewände. — Die Verbindungen der Hängewerkshölzer. — Sprengwerke.	
<b>D. Balkenlagen</b> . . . . .	41—75
Benennung der Gebälke. — Benennung der Hölzer einer Balkenlage. — Mauerlatten. — Schutz der Balkenköpfe gegen Faulen. — Das Zeichnen der Balkenlagen. — Befestigung der Holzbalken zwischen Eisenträgern. — Balkenlagen in Speichern. — Verankerungen. — Zwischendecken. — Verkleidung der Deckenunterfläche. — Holzfussböden.	
<b>E. Dächer einschliesslich Schiften</b> . . . . .	75—260
Allgemeines, Dachformen. — Satteldächer ohne Kniestock. — Dächer ohne Dachstuhl. — Dächer mit Dachstuhl. — Dächer mit Kehlbalkenlage. — Dächer ohne Kehlbalkenlage. — Satteldächer mit Kniestock. — Satteldächer ohne Balkenlage. — Dächer mit Stützen zwischen den Aussenwänden. — Dächer ohne Stützen zwischen den Aussenwänden. — Bohlendächer. — Parallel-, Säge- oder Sheddächer. — Mansardendächer. — Pultdächer. — Walmdächer. — Schiften. — Das Schiften auf dem Lehrgespärre. — Wahre Länge der Gratsparren. — Abgratung der Gratsparren. — Einzapfen der Gratsparren in die Gratschichten. — Wahre Länge der Schiftsparren. — Lot- und Backenschmiegen. — Wahre Länge der Kehlsparren. — Aufklauung der Gratsparren. — Austragung der Reiterparren. — Bohlschiftung. — Das Schiften auf dem Werksatze. — Das Schiften auf dem Gratsparren. — Das Schiften bei Walmdächern mit ungleicher Steigung. — Regeln für das Zeichnen der Walmdächer. — Binderstellung bei Walmdächern mit Kniestock. — Zelt- und Turmdächer. — Zeltdach über einem Treppenhause. — Zeltdach über einem Zirkus. — Zeltdach über regelmässigem Achteck. — Zeltdach über halbem Achteck. — Mollersche Regeln für Turmkonstruktionen. — Mollerscher Turmhelm. — Rhombenhaubendach. — Turm der Kirche zu Geithe. — Achteitiger Turmhelm über einem Treppenhause. — Kuppeldächer. — Geschweifte Dächer. — Stehende Dachfenster.	
<b>F. Baugerüste</b> . . . . .	260—280
Stangengerüste. — Rüst- oder Spiessbäume. — Streichstangen. — Gerüstbinder. — Netzriegel. — Rüstbretter. — Bauzäune. — Abgebundene Gerüste. — Schiebebühnen. — Leitergerüste. — Bau von Pfeilern für Wege- und Eisenbahnbrücken.	

Fig. 436.

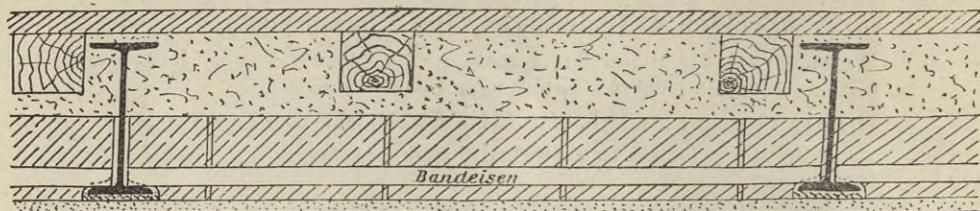


Fig. 584.

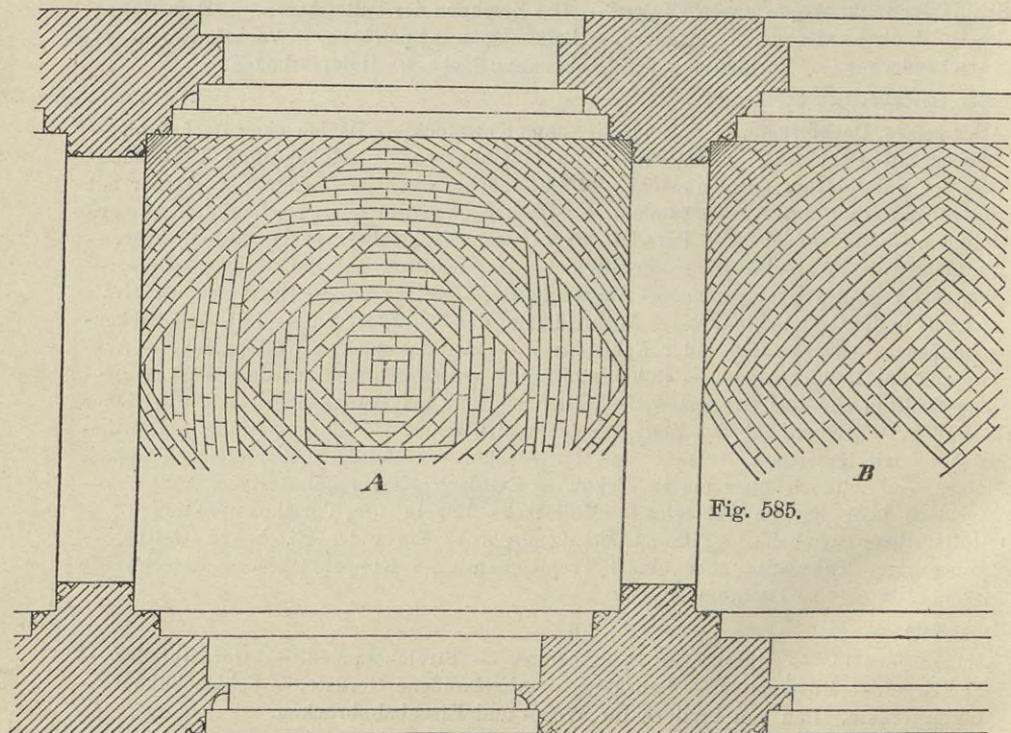
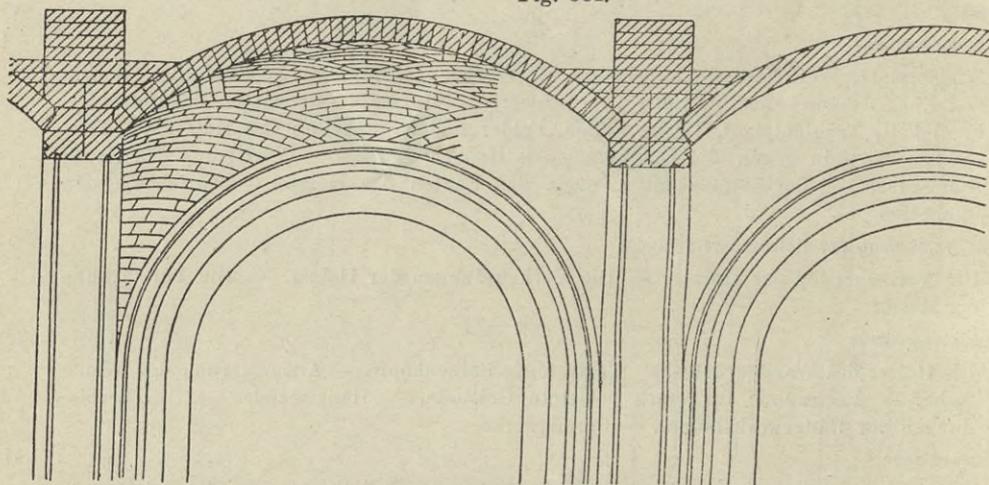


Fig. 585.

# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band II:

**Direktor A. Opderbecke, Der Maurer,**

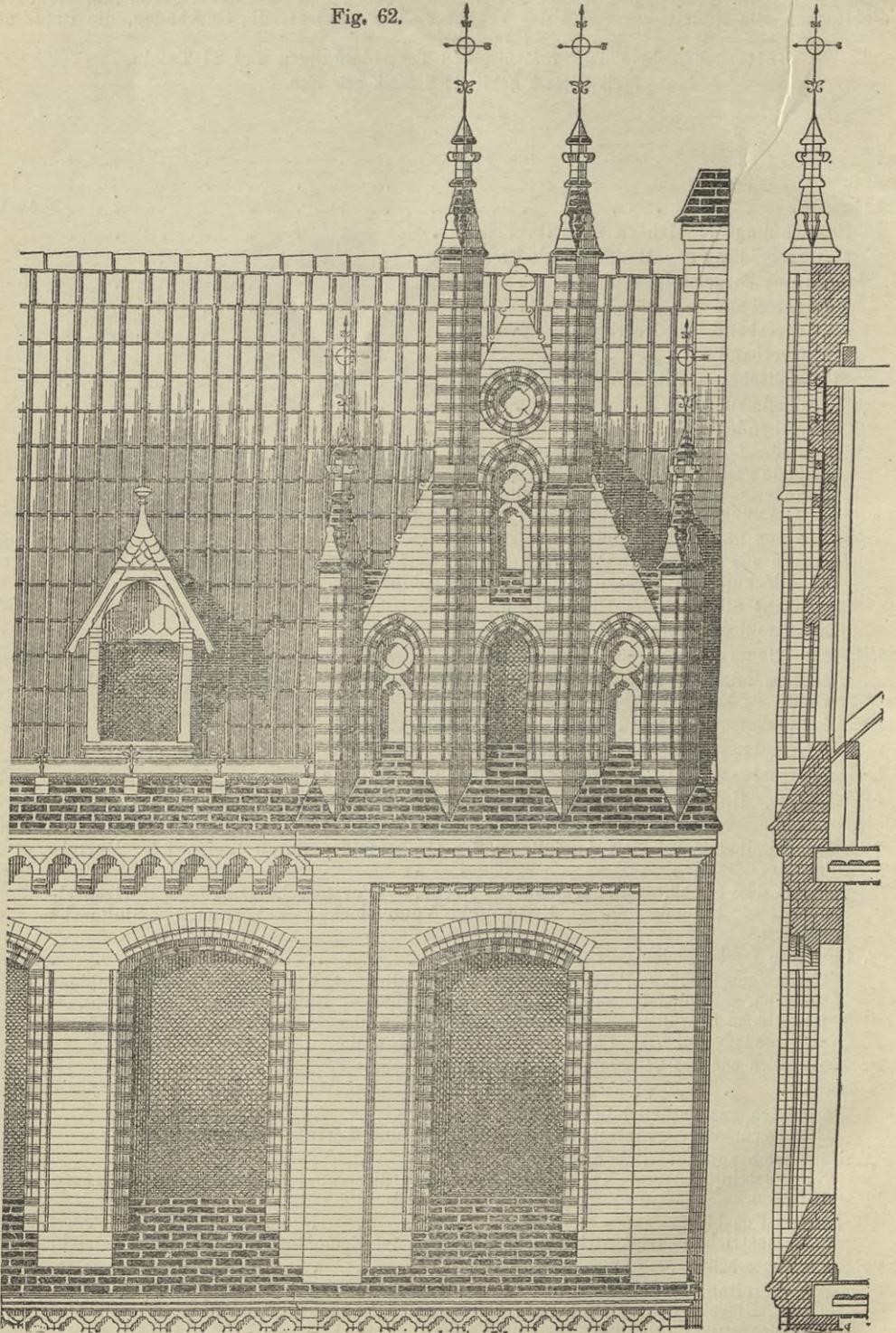
umfassend die Gebäudemauern, den Schutz der Gebäudemauern und Fussböden gegen Bodenfeuchtigkeit, die Decken, die Konstruktion und das Verankern der Gesimse, die Fussböden, die Putz- und Fugarbeiten.

Dritte vermehrte Auflage. Mit 743 Textabbildungen und 23 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
<b>Vorwort</b> . . . . .	v—vi
<b>Allgemeines</b> . . . . .	1—4
<b>A. Gebäudemauern</b> . . . . .	4—131
Bezeichnung der Mauern nach ihrer Lage . . . . .	4
Unterscheidung der Mauern nach Baustoffen . . . . .	4
1. Mauern aus Ziegelsteinen . . . . .	5—71
Läuferverband . . . . .	7
Binderverband, Blockverband, Endverband . . . . .	7
Kreuzverband . . . . .	11
Holländischer, polnischer, Stromverband . . . . .	12
Verblendmauerwerk . . . . .	13
Eckverbände . . . . .	16
Einbindende Mauern. — Sich kreuzende Mauern. — Pfeilervorlagen. — Freistehende Pfeiler. — Schornsteinverbände. — Luft- oder Isolierschichten. — Maueröffnungen. — Mauerbögen. — Bogen- und Widerlagerstärke. — Ueberdeckung der Oeffnungen mit Eisenbalken. — Untere Begrenzung der Maueröffnungen . . . . .	16—71
2. Mauern aus natürlichen Steinen . . . . .	71—110
Mauern aus unbearbeiteten Bruchsteinen. — Mauern aus bearbeiteten Steinen. — Ueberdeckung der Oeffnungen. — Fenstersohlbänke.	
3. Mauern aus Stampf- oder Gussmassen . . . . .	110—123
Erdstampfbau. — Kalksand-Stampfbau. — Betonbau.	
4. Leichte Mauern aus verschiedenen Baustoffen . . . . .	123—134
Rabitzwände. — Brucknersche Gipsplattenwände. — Stoltes Stegzementdielenwände. — Monierwände. — Magnesitwände.	
<b>B. Schutz der Gebäudemauern und Fussböden gegen Bodenfeuchtigkeit</b> . . . . .	132—145
a) Der Grundwasserspiegel bleibt dauernd unter der Sohle der Fundamentmauern . . . . .	132
b) Der Grundwasserspiegel befindet sich über der Kellersohle . . . . .	140
c) Schutz der Holzfussböden in Kellerräumen gegen Bodenfeuchtigkeit . . . . .	142
<b>C. Decken</b> . . . . .	146—264
1. Eiserne Balkendecken mit Ausfüllung der Deckenfelder durch Steine oder Mörtelkörper . . . . .	146—165
Kleinesche Decke. — Schürmannsche Decke. — Förstersche Decke. — Horizontaldecke. — Betondecken. — Koenensche Voutendecke. — Terrast. — Stoltesche Decken.	
2. Gewölbte Decken oder Gewölbe . . . . .	165—264
Tonnengewölbe. — Preussische Kappengewölbe. — Kloostergewölbe. — Mulden- gewölbe. — Spiegelgewölbe. — Kuppelgewölbe. — Hänge- oder Stutzkuppeln. — Elliptische Gewölbe. — Böhmisches Kappengewölbe. — Kreuzgewölbe. — Stern- oder Netzgewölbe. — Fächer- oder Trichtergewölbe.	
<b>D. Die Konstruktion und das Verankern weit ausladender Gesimse</b> . . . . .	265—271
<b>E. Fussböden</b> . . . . .	271—283
1. Fussböden aus natürlichen Steinen . . . . .	274—278
Pflasterungen. — Plattenbeläge. — Mosaik- und Terrazzo-Fussböden.	
2. Fussböden aus künstlichen Steinen . . . . .	278—280
Ziegelsteinpflaster. — Thonplatten. — Zementfliesen. — Kunststein- und Terrazzo- Fliesen.	
3. Estrich-Fussböden . . . . .	280—283
Lehmestrich. — Gipsestrich. — Kalkestrich. — Zementestrich. — Asphaltestrich.	
<b>F. Putz- und Fugarbeiten</b> . . . . .	284—296
Vorbereitung des Holzwerkes zur Aufnahme von Putz. — Rappputz, Gestippter Putz, Rieselputz, Ordinärer Putz, Spritzputz, feiner oder glatter Putz, Stuckputz. — Ausbesserungen am Putz. — Das Fügen.	

Fig. 62.



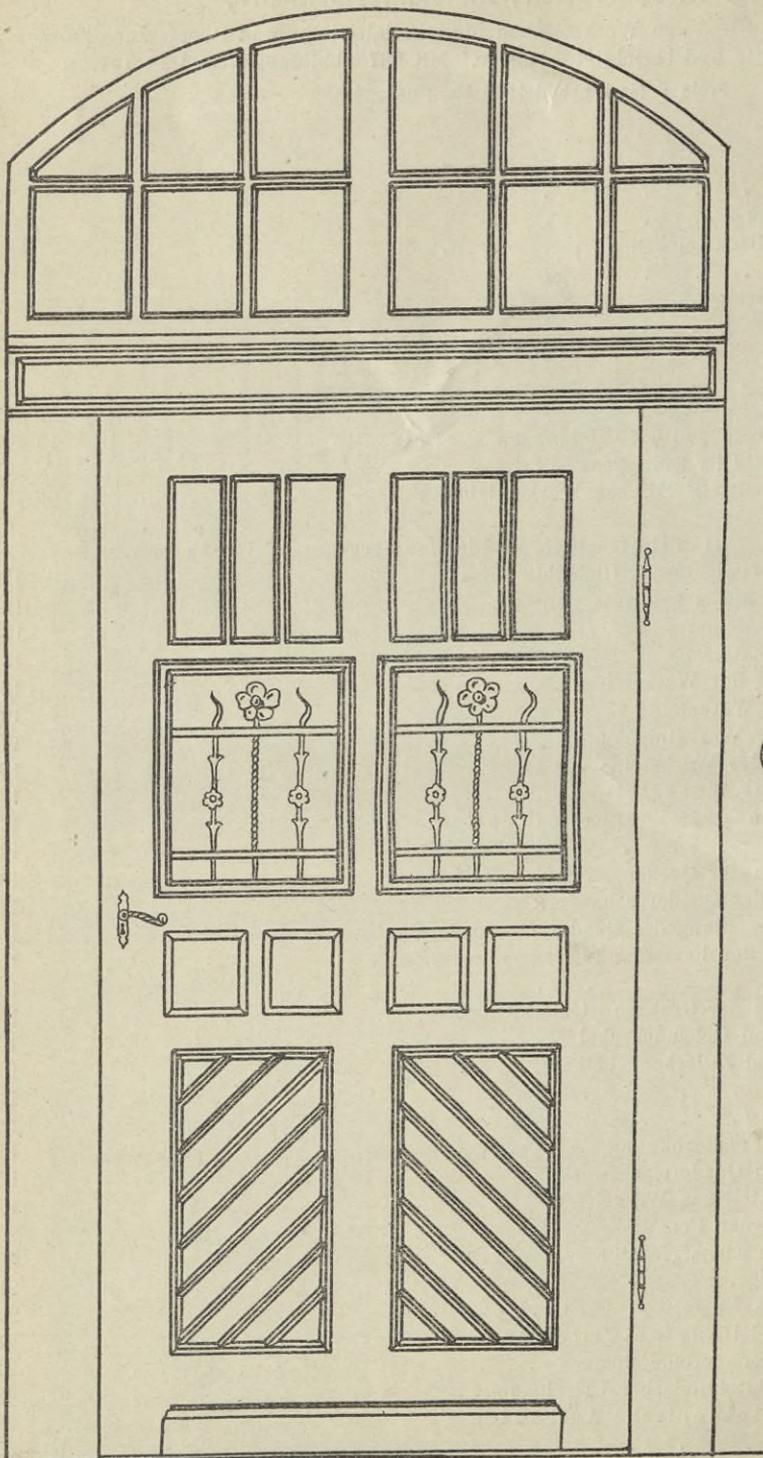
# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band III:

## Direktor A. Opderbecke, Die Bauformenlehre,

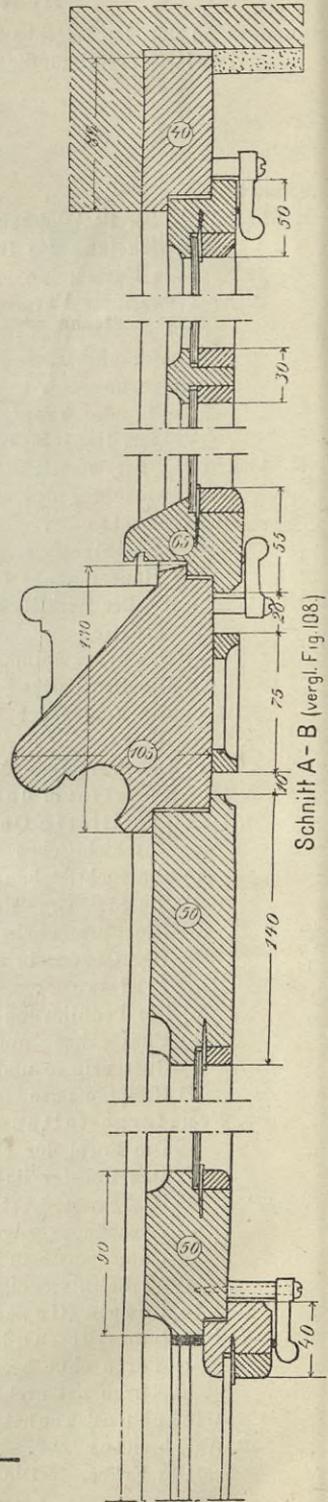
umfassend den Backsteinbau und den Werksteinbau für mittelalterliche und Renaissance-Formen.  
Zweite vervollständigte und berichtigte Auflage. Mit 537 Abbildungen und 18 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
<b>Vorwort</b> . . . . .	v
<b>I. Abschnitt. Der Backsteinbau</b> . . . . .	1
Entwicklung des Backsteinbaues . . . . .	1—6
1. Normale Formsteine . . . . .	7
2. Aussernormale Formsteine . . . . .	9
Sockelgesimse . . . . .	9
Fenstersohlbänke . . . . .	10
Gurtgesimse . . . . .	11
Haupt- oder Traufgesimse . . . . .	15
Fenster, Hauseingänge und Giebelbildungen . . . . .	19—64
<b>II. Abschnitt. Der Werksteinbau für mittelalterliche Formen</b> . . . . .	65
Entwicklung des mittelalterlichen Werksteinbaues . . . . .	65—67
Die Gesimse . . . . .	67
Die Sockelgesimse. — Die Gurtgesimse. — Die Hauptgesimse. — Die Fenster. —	
Die Hauseingänge (Portale). — Giebelbildungen . . . . .	69—132
<b>III. Abschnitt. Der Werksteinbau in Renaissanceformen</b> . . . . .	133
1. Allgemeines . . . . .	133
a) Das Werksteinmaterial . . . . .	133
b) Die Bearbeitung der Werksteine . . . . .	134
c) Die Fehler der Werksteine . . . . .	135
d) Die Stärken der Werksteine . . . . .	136
e) Das Versetzen der Werksteine . . . . .	137
2. Die Kunstform des Werksteines . . . . .	139
3. Das profilierte Quadermauerwerk (Rustica) . . . . .	148
a) Geschichtliches . . . . .	148
b) Die Sichtflächen der Quader . . . . .	148
c) Die Sicherung des Quaderverbandes . . . . .	148
d) Die Formenbehandlung der Quader . . . . .	151
e) Der Quader in der Fassade . . . . .	152
4. Die Gesimse . . . . .	155
a) Die Profilierung der Gesimse (Gesimselemente) . . . . .	155
b) Fussgesimse und Gebäudesockel . . . . .	160
c) Gurtgesimse und Zwischengebälke . . . . .	165
d) Hauptgesimse . . . . .	174
5. Fenstergestaltung . . . . .	182
a) Die Form der Fensteröffnung . . . . .	182
b) Das Fenster im Quadermauerwerk . . . . .	185
c) Das Fenstergestell aus Werksteinen . . . . .	190
d) Zusammengezogene Fenster . . . . .	205
e) Untergeordnete Zimmerfenster . . . . .	209
f) Verhältnisregeln . . . . .	210
6. Die Loggia (Hauslaube) . . . . .	212
7. Die Haustür- und Haustor-Umrahmung . . . . .	215
a) Türen ohne besonderen Rahmen . . . . .	215
b) Türen mit architektonischer Umrahmung . . . . .	221
8. Giebel und architektonische Aufbauten . . . . .	229
9. Vorbauten . . . . .	241—251
Die Erker. — Die Balkone.	



Innere Ansicht.



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band IV:

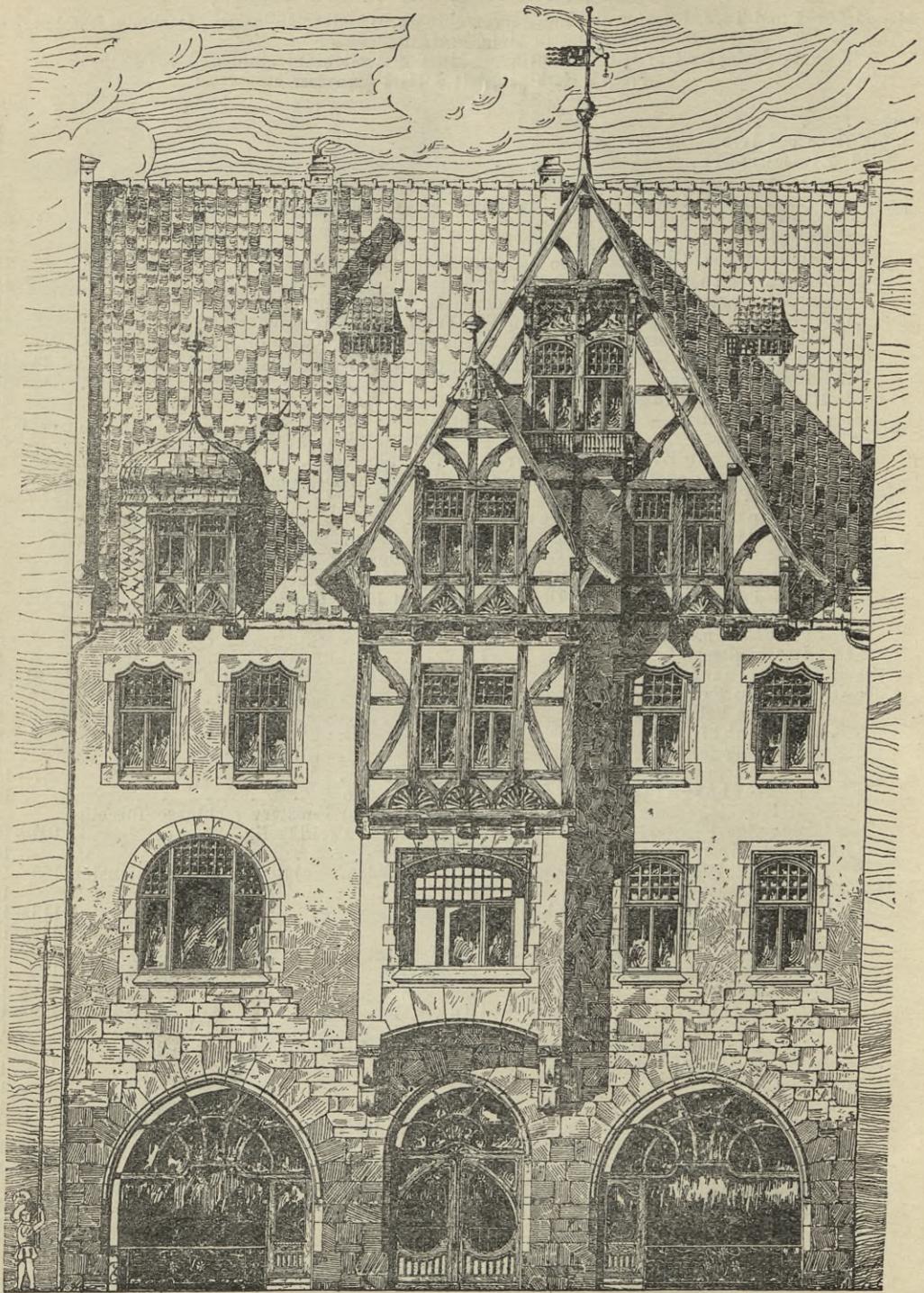
**Direktor A. Opderbecke, Der innere Ausbau,**

umfassend Türen und Tore, Fenster und Fensterverschlüsse, Wandvertäfelungen, Deckenvertäfelungen, Treppen in Holz, Stein und Eisen.

Zweite bedeutend erweiterte Auflage. Mit 600 Textabbildungen und 7 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
<b>Vorwort</b>	v
<b>I. Die Türen und Tore</b>	1
1. Zimmertüren	1
a) Das Material und die Konstruktion des Türgestelles. — b) Die Verkleidung des Türgestelles. — c) Die Türflügel. — d) Einflügelige und zweiflügelige Türen. — e) Schiebetüren	1—24
2. Vorplatz- und Aussentüren und Tore	24
a) Glastüren, Glasabschlüsse und Windfänge. — b) Haustüren. — c) Haustore	24—41
3. Türen zu inneren Wirtschaftsräumen	42
a) Einfache Brett- und Lattentüren. — b) Verdoppelte Türen	42
4. Türen und Tore zu äusseren Wirtschaftsräumen	43
a) Schlichte Brettertüren. — b) Verdoppelte Türen. — c) Jalousietüren. — d) Flügeltore. — e) Schiebetore	43—44
5. Eiserne Türen	45—46
6. Die Türbeschläge	47
a) Die Bänder. — b) Die Türverschlüsse	47—56
<b>II. Die Fenster</b>	57
1. Gewöhnliche Zimmerfenster	57
a) Baustoff und Herstellung des Gestelles. — b) Die Fensterflügel. — c) Die Fensterbrüstung	57—66
2. Drei- und mehrteilige Fenster	66
3. Doppelfenster	66
a) Bewegliche Winterfenster. — b) Feststehende Doppelfenster (Kastenfenster). — c) Siering'sche Fenster. — d) Spengler'sche Patent-Spangfenster. — e) Spengler'sche Panzerfenster. — f) Doppelfenster von Prof. Rinklake	66—79
4. Kippfenster	79
5. Schiebefenster	80
Das englische Schiebefenster	80
6. Schaufenster	81—84
7. Eiserne Fenster	85
Eiserne Schaufenster	85
8. Oberlichtfenster	86
Deckung mit Glas	86
Holzsprossen. — Eisensprossen	87—101
9. Fensterbeschlag und Fensterverschlüsse	102
a) Beschläge zum Festhalten der Fenster. — b) Fensterverschlüsse für einflügelige Fenster. — c) Fensterverschlüsse für zweiflügelige Fenster	102—105
10. Die Ladenverschlüsse	105
a) Fensterläden, sogen. Klappläden. — b) Roll-Läden. — c) Roll- oder Zug-Jalousien	105—112
<b>III. Wandvertäfelungen</b>	113
1. Geschichtliche Entwicklung	113—118
2. Einfache Täfelungen	119—120
3. Gestemmte Täfelungen	120—123
4. Die Holz-Intarsia	123—125
<b>IV. Deckenvertäfelungen</b>	126
1. Die geschichtliche Entwicklung	126—129
2. Moderne Holzdecken	129
a) Das Material und die Konstruktion. — b) Die Füllungen. — c) Kassettendecken. — d) Felderdecken	129—139
<b>V. Die Treppen</b>	140
1. Allgemeines	140
a) Das Steigungsverhältnis. — b) Die Grundrissform. — c) Das Verziehen (Wendeln) der Treppenstufen	140—150
2. Die hölzernen Treppen	150
a) Die eingeschobenen Treppen. — b) Die eingestemmten Treppen. — c) Die aufgesetzten Treppen. — d) Gewendelte Treppen	150—169
3. Die Treppen aus Werkstein	169
a) Der Baustoff. — b) Das Steigungsverhältnis. — c) Die Grundrissform. — d) Das Versetzen der Stufen. — e) Freitreppen. — f) Innere Wangentreppen. — g) Freitragende Treppen. — h) Spindeltreppen. — i) Werkstein-Treppen zwischen $\perp$ -Trägern. — k) Unterwölbte Werkstein-Treppen. — l) Treppen aus Backstein. — m) Treppen aus Kunststeinen. — n) Das Geländer	169—192
4. Eiserne Treppen	192—204
<b>VI. Preisangaben für Bautischler-Arbeiten des inneren Ausbaues</b>	205—214



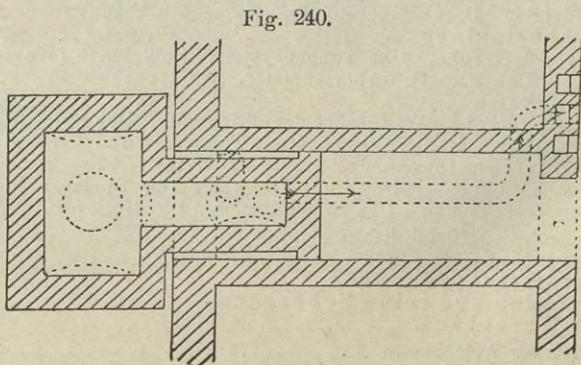
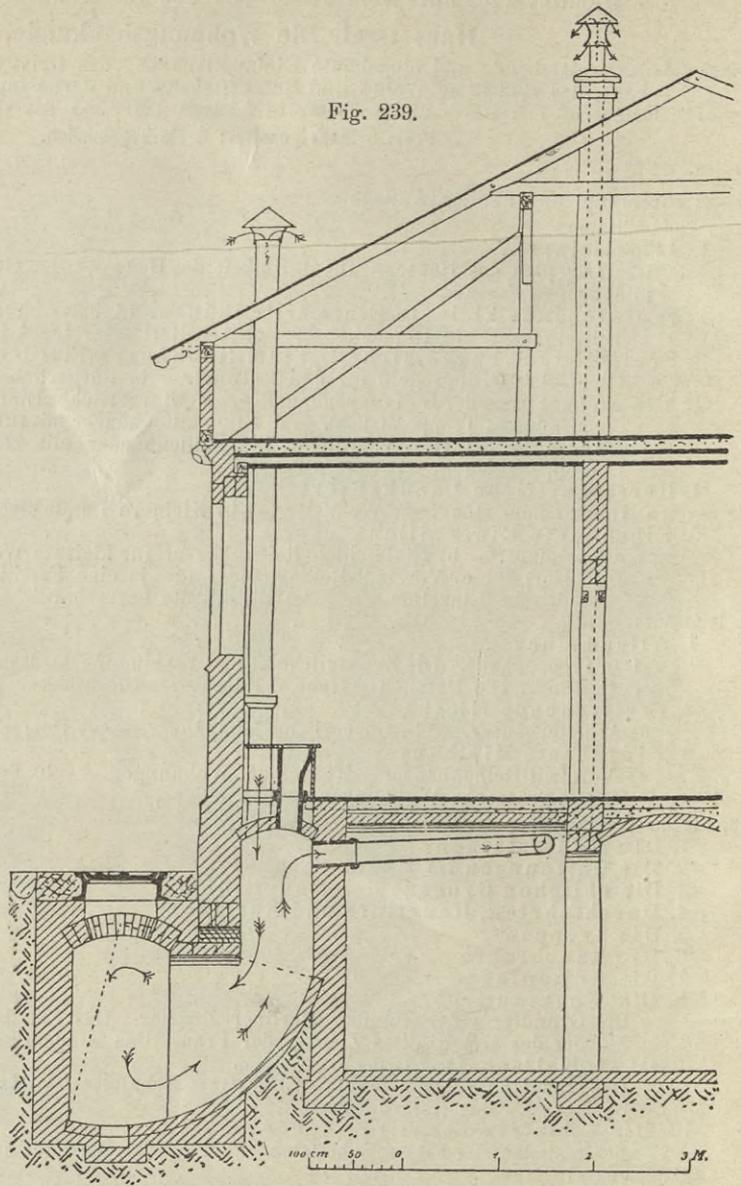
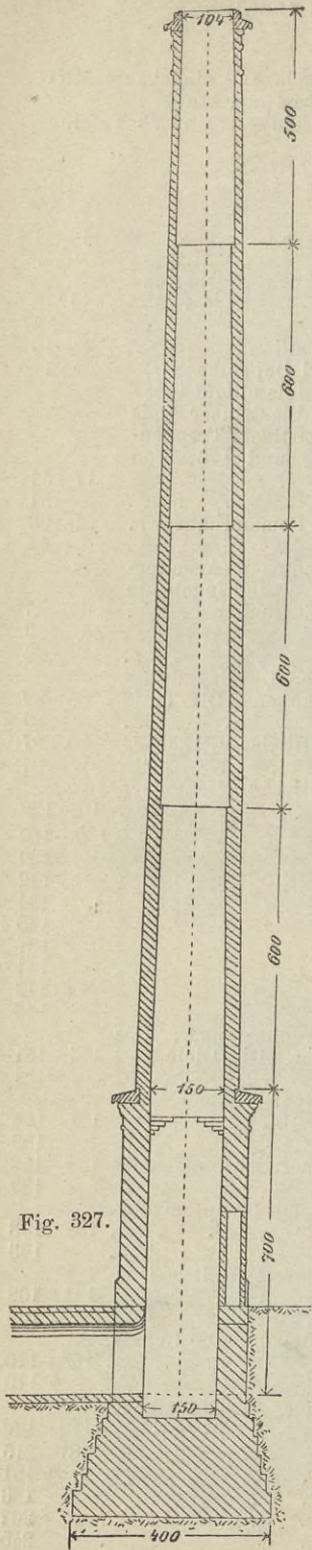
# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band V:

## Hans Issel, Die Wohnungsbaukunde,

umfassend das freistehende und eingebaute Einfamilienhaus, das freistehende und eingebaute Miet-  
haus, das städtische Wohn- und Geschäftshaus und deren innere Einrichtung.  
Zweite bedeutend erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 583 Textabbildungen und 23 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort zur ersten und zweiten Auflage . . . . .	v—vi
<b>I. Das Einfamilienhaus</b> . . . . .	1—85
1. Allgemeines . . . . .	1
Der Lageplan des Hauses. Die Billigkeit des Hauses. Der Grundriss. Die Aus- bildung der Fassade . . . . .	1—3
2. Freistehende kleinste Einfamilienhäuser (Arbeiterhäuser) . . . . .	3
a) Einzelhäuser. b) Doppelhäuser. c) Arbeiterhäuser für 4 Familien . . . . .	3—16
3. Freistehende bürgerliche Einfamilienhäuser (Einzel- und Doppelhäuser) . . . . .	17
a) Allgemeine Grundregeln für den Entwurf. — b) Bürgerliche Einfamilienhäuser (ohne besonderes Treppenhaus). — c) Bürgerliche Einfamilienhäuser (mit besonderem Treppenhaus). — d) Einfamilienhäuser mit turmartigem Treppen- haus. — e) Herrschaftliche Einfamilienhäuser mit Diele und grösseren Treppenanlagen . . . . .	17—51
4. Herrschaftliche Landhäuser . . . . .	51
a) Häuser zum ständigen Wohnsitz. — b) Kleinere Landhäuser, Sommerhäuser . . . . .	51—63
5. Eingebaute Einfamilienhäuser . . . . .	64
a) Allgemeines. — b) Einfamilien-Reihenhäuser für kleinste Wohnungen (Arbeiter- häuser). — c) Vorstadt-Reihenhäuser für je eine Familie. — d) Eingebaute städtische Einzelhäuser. — e) Eingebaute herrschaftliche Etagenhäuser . . . . .	64—85
<b>II. Miethäuser</b> . . . . .	86—129
1. Allgemeines . . . . .	86
Das Treppenhaus. Die Zugänglichkeit und Verbindung der Räume. Die Grundriss- gestaltung. Die Höfe. Die Höhe der Häuser. Die Stockwerkshöhen. Die Tiefe . . . . .	86—89
2. Freistehende Miethäuser . . . . .	89
a) Arbeiterhäuser. — b) Bürgerliche Miethäuser. — c) Herrschaftliche Miethäuser . . . . .	89—97
3. Eingebaute Miethäuser . . . . .	97
a) Vorstadt-Reihenhäuser mit kleinen Wohnungen. — b) Städtische Miethäuser mit grösseren Wohnungen . . . . .	97—129
<b>III. Die innere Einrichtung der Wohnhäuser</b> . . . . .	130—180
1. Die Mauerstärken . . . . .	130
2. Die Oeffnungen im Mauerwerk . . . . .	132
3. Die üblichen Grössen der Hauptmöbel . . . . .	134
4. Durchfahrten, Hausflure und Korridore . . . . .	135
5. Die Treppen . . . . .	137
6. Die Rauchrohre . . . . .	141
7. Die Heizanlagen . . . . .	142
8. Die Wohnräume . . . . .	143
Die Grundform der Räume. Berliner Zimmer. Das Familienwohnzimmer. Das Zimmer des Herrn. Das Zimmer der Frau. Das Kinderzimmer. Die Diele . . . . .	143—151
9. Die Gesellschaftsräume . . . . .	151
Das Empfangszimmer (Salon). Der Gesellschaftssaal. Das Speisezimmer. Der Speisesaal. Das Billardzimmer . . . . .	151—155
10. Die Schlafzimmer mit Zubehör . . . . .	155
Schlafzimmer der Eltern. Schlafzimmer der Kinder. Ankleidezimmer. Schrankzimmer . . . . .	155—158
11. Badezimmer . . . . .	158
Die Badenische. Badewanne mit eigener Heizung. Badewanne mit Dampfheizung. Badeöfen. Der Wasserabfluss. Versenkte Wannen . . . . .	158—163
12. Die Abortanlage . . . . .	163
Die Abortgrube. Das Tonnensystem. Spülaborte (Wasser-Klosetts). Das Torf- mull-Streu-Klosett. Abortkammer. Abortsitze . . . . .	164—168
13. Nebenräume . . . . .	168
Die Garderobe. Wandschränke. Lichthöfe. Der Erker. Der Balkon. Die Loggia. Der Altan. Hallen. Veranden. Terrassen und Perrons . . . . .	168—170
14. Die Wirtschaftsräume . . . . .	170
Die Kochküche. Die Speisekammer. Der Speiseaufzug. Das Anrichtezimmer Die Waschküche. Das Bügelzimmer. Die Keller . . . . .	170—180
<b>IV. Städtische Wohn- und Geschäftshäuser</b> . . . . .	181—215
1. Allgemeines . . . . .	181
2. Grundrissanordnungen . . . . .	186
3. Der Laden und seine Nebenräume . . . . .	207
4. Das Warenhaus . . . . .	215
<b>V. Gesamtkosten von Wohnhäusern</b> . . . . .	217—222



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band VI:

## Prof. A. Opderbecke, Die allgemeine Baukunde,

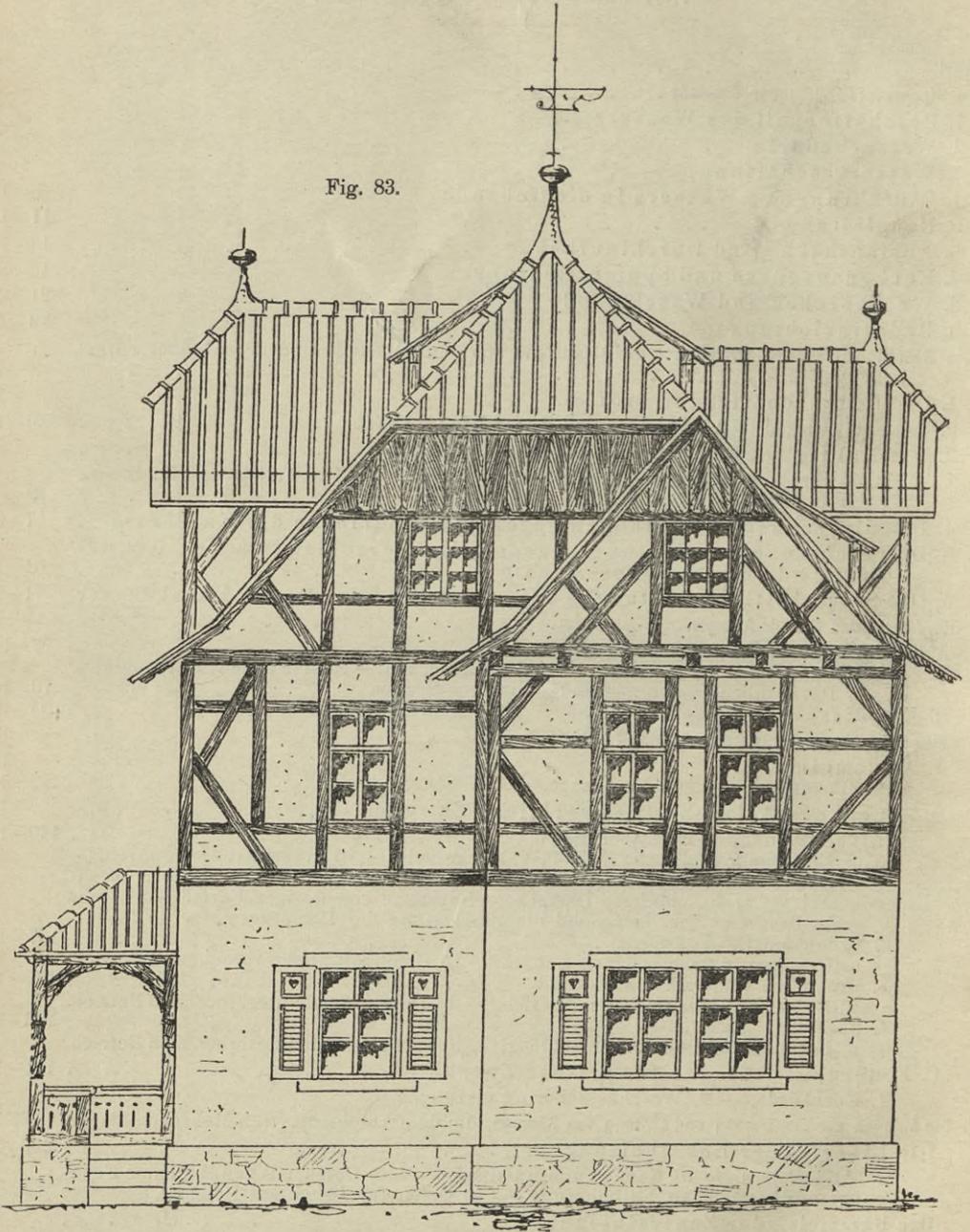
umfassend die Wasserversorgung, die Beseitigung der Schmutzwässer und Abfallstoffe, die Abort-  
anlagen und Pissoirs, die Feuerungs- und Heizungsanlagen.

Zweite verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 694 Textabbildungen und 6 zum Teil farbigen Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	v
<b>I. Die Wasserversorgung der Gebäude . . . . .</b>	<b>1</b>
1. Beschaffenheit des Wassers . . . . .	1
2. Wasserbedarf . . . . .	1—4
3. Wasserbeschaffung . . . . .	4—8
4. Einführung des Wassers in die Gebäude . . . . .	8—11
5. Hausleitungen . . . . .	11—13
6. Auslaufhähne und Durchlaufhähne . . . . .	13—18
7. Küchenausgüsse und Spüleinrichtungen . . . . .	18—21
8. Waschbecken und Waschstände . . . . .	21—29
9. Badeeinrichtungen . . . . .	29—44
<b>II. Die Beseitigung der Schmutzwässer und Abfallstoffe aus den Gebäuden und deren näherer Um- gebung . . . . .</b>	<b>45</b>
1. Die fortzuschaffenden Stoffe . . . . .	45
2. Beseitigung der Abwässer und der Abfallstoffe . . . . .	46—48
3. Die Rohrleitungen . . . . .	49
a) Die Strassen-Kanäle. — b) Die Grundleitung. — c) Die Fallstränge im Innern der Gebäude . . . . .	49—57
4. Die Sicherungsvorrichtungen gegen das Eindringen der Kanalgase . . . . .	57—61
5. Die Sicherungsvorrichtungen gegen das Verschlammen der Grund- leitung und der Strassen-Kanäle . . . . .	61—70
6. Die Sicherheitsvorrichtungen gegen das Eindringen von Kanalwasser . . . . .	71—78
<b>III. Die Abort- und Pissoir-Anlagen . . . . .</b>	<b>79</b>
A. Die Abort-Anlagen . . . . .	79—105
Der Abortraum. — Der Abortsitz. — Das Abortbecken. — Aborte ohne Wasserspülung. 1. Das Gruben-System. — 2. Das Tonnen-System . . . . .	79—105
B. Die Pissoir-Anlagen . . . . .	105—120
<b>IV. Feuerungsanlagen für gewerbliche und private Zwecke . . . . .</b>	<b>121</b>
A. Allgemeines . . . . .	121
Der Feuerraum. — Die Feuerzüge. — Die Schornsteine . . . . .	122—140
B. Feuerungs-Anlagen für gewerbliche Zwecke . . . . .	140
1. Die Dampfkessel-Einmauerungen . . . . .	140—167
a) Einfache zylindrische Kessel (Walzenkessel). — b) Kessel mit Siederohren. — c) Kessel mit Flammrohren. — d) Feuerröhrenkessel. — e) Wasserröhren- kessel. — f) Kombinierte Dampfkessel-Systeme eigenartiger Form. — Polizei- liche Bestimmungen betreffend die Einrichtung der Dampfkessel . . . . .	167—177
2. Brennöfen für Tonwaren . . . . .	167—177
a) Oefen mit unterbrochenem Betrieb. — b) Oefen mit ununterbrochenem Betrieb. 3. Brennöfen für Kalk und Zement . . . . .	177—183
a) Oefen für unterbrochenen Betrieb. — b) Oefen für ununterbrochenen Betrieb. 4. Backöfen . . . . .	183—190
a) Backöfen für unterbrochenen Betrieb. b) Backöfen f. ununterbrochenen Betrieb. C. Feuerungs-Anlagen für private Zwecke . . . . .	191—198
1. Kochherde. — 2. Waschkessel-Einmauerungen.	
<b>V. Die Anlagen zur Erwärmung und Lüftung von Räumen, die dem Aufenthalte von Menschen dienen</b>	<b>199</b>
Die Einzel- oder Lokalheizung . . . . .	202—229
a) Allgemeines. — b) Kamine und Kaminöfen. — c) Oefen mit gewöhnlicher Feuer- ung. — d) Oefen mit Füllfeuerung. — e) Oefen für Leuchtgas-Heizung.	
Die Sammel- oder Zentralheizung . . . . .	229
a) Feuerluftheizung (Luftheizung). — b) Wasserheizung . . . . .	229—255
1. Niederdruck-Warmwasserheizung. — 2. Mitteldruck-Warmwasserheizung. — 3. Heisswasserheizung.	
c) Dampfheizung . . . . .	255—276
Bestimmungen betr. die Ausführung von Sammelheizungen	
<b>Vereinigung der Heizungsarten. — Die Lüftung der Räume . . . . .</b>	<b>276—284</b>

Fig. 83.



**Hans Issel, Die landwirtschaftliche Baukunde,**

umfassend Bauernhäuser und Bauerngehöfte, Gutshäuser und Gutshöfte mit sämtlichen Nebenanlagen, Feld- und Hofschennen, Stallungen für Gross- und Kleinvieh und Gebäude für landwirtschaftliche Gewerbe. Zweite erweiterte und verb. Auflage. Mit 684 Textabbildungen und 24 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort zur ersten und zweiten Auflage . . . . .	v—vi
Erster Abschnitt. — Ländliche Wohngebäude . . . . .	1—99
1. Bauernhäuser und Bauerngehöfte . . . . .	1
A. Die geschichtliche Entwicklung. — a) Die fränkische Bauweise. — Das alte fränkische, das linksrheinische, alemannische, Schwarzwälder, schweizerische, oberbayerische Bauernhaus, das bayerische Bauerngehöft, das Bauernhaus aus den Böhmerwaldgerichten, ostdeutsches Bauernhaus. — b) Die sächsische Bauweise. — Das westfälische, Altländer, friesische, schleswig-holsteiner, ostdeutsche Bauernhaus. — B. Neue bäuerliche Gehöftanlagen. — a) Das Raumbedürfnis. — Das kleinste Bauernhaus. Kleine und mittlere Bauernhäuser. Grosse Bauernhäuser. — b) Die innere Einrichtung. — c) Der konstruktive Ausbau. — d) Beispiele.	
2. Gutsbesitzer- und Gutspächterhäuser. Gutshöfte . . . . .	50
a) Die äussere Gestaltung. Rampen und Freitreppen. — b) Die innere Einrichtung. Der Flur oder die Diele. Die Wohnzimmer. Gesellschaftsräume. Die Schlafzimmer. Zubehör. Wirtschaftsräume. Dienstbotenräume. Korridore und Treppen. Beispiele von Gutsbesitzerhäusern. — c) Gutspächterhäuser. Die Einrichtung des Gutspächterhauses. Konstruktive Bestimmungen für Pächterwohnungen. Beispiele von Pächterwohnhäusern. — d) Gutshöfte. Die Grundrissform der Hofanlage. Der Lageplan der Einzelbauten nach der Himmelsrichtung. Der Lageplan der Einzelbauten nach den Grundsätzen des Wirtschaftsbetriebes. Nebenanlagen. Beispiele. — e) Der Hoffmannsche Tiefbau.	
3. Beamten- und Dienstwohnungen für Gutsbezirke . . . . .	78
4. Arbeiter-Wohnhäuser . . . . .	85
A. Arbeiter-Familienhäuser. — a) Einfamilienhäuser. b) Häuser für zwei und mehrere Familien. c) Beispiele. — B. Wanderarbeiter-Häuser.	
5. Konstruktive Behandlung von Wohngebäuden auf den Kgl. Preuss. Domänen . . . . .	97
Zweiter Abschnitt. Ländliche Wirtschaftsgebäude . . . . .	100—129
1. Wasch- und Backhäuser . . . . .	100
a) Das Waschhaus. b) Die Bäckerei. c) Beispiele für Wasch- und Backhäuser.	
2. Eisbehälter und Kühlräume . . . . .	112
a) Allgemeines. b) Eismieten auf Gutshöfen. c) Eiskeller. d) Eishäuser. e) Eiskeller mit Kühlräumen.	
3. Räucherammer . . . . .	127
4. Baukosten von ländlichen Wirtschaftsgebäuden . . . . .	129
Dritter Abschnitt. Gebäude für Unterbringung der Feldfrüchte und Ackergeräte . . . . .	130—171
1. Feldscheunen . . . . .	130
Die Lage. Die Konstruktion. Die Bedachung. Die Baukosten.	
2. Hofschennen . . . . .	135
a) Die Raumgrösse. b) Die Grundrissausbildung. c) Das Dach. d) Die Aussenwände. e) Der innere Ausbau. f) Beispiele. g) Zusammenstellung der Kosten für Scheunen.	
3. Speicher und Kornböden . . . . .	161
Die Geschosshöhen. Die Decke. Die Balkenlagen. Die Raumgrösse. Die Holzverbindungen. Die Umfassungswände. Die Fenster. Die Treppen. Die Winde- und Aufzugsvorrichtungen. Die Schützbretter. Das Dach. Die Kosten. Beispiele.	
4. Wagen- und Geräteschuppen . . . . .	169
Vierter Abschnitt. Stallgebäude nebst Zubehör . . . . .	172—271
Die Grundbedingungen für die Anlage . . . . .	172
Die Stallgebäude für die Anlage . . . . .	173
1. Stallgebäude für Einzelgattungen . . . . .	
A. Pferdeställe. a) Stallgebäude für Ackerpferde. b) Stallgebäude für Zuchtpferde. c) Stallgebäude für Kutsch- und Luxusperde. — B. Rindviehställe. — C. Schafställe. — D. Schweineställe.	
2. Stallgebäude für gemischte Viehgattungen . . . . .	251
A. Kleine Ställe. — B. Freistehende Ställe für kleine landwirtschaftliche Betriebe. — C. Grössere Stallgebäude für gemischte Viehgattungen.	
3. Federviehställe . . . . .	260
4. Dungstätten und Jauchenbehälter . . . . .	269
5. Kostenberechnung für Geflügelställe . . . . .	222
Fünfter Abschnitt. Gebäude für landwirtschaftliche Gewerbe . . . . .	272—285
1. Molkereien . . . . .	272
2. Schmieden und Stellmachereien . . . . .	282
Nachtrag: Blitzschutzanlagen . . . . .	282—285



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band VIII:

**Hans Issel, Der Holzbau,**

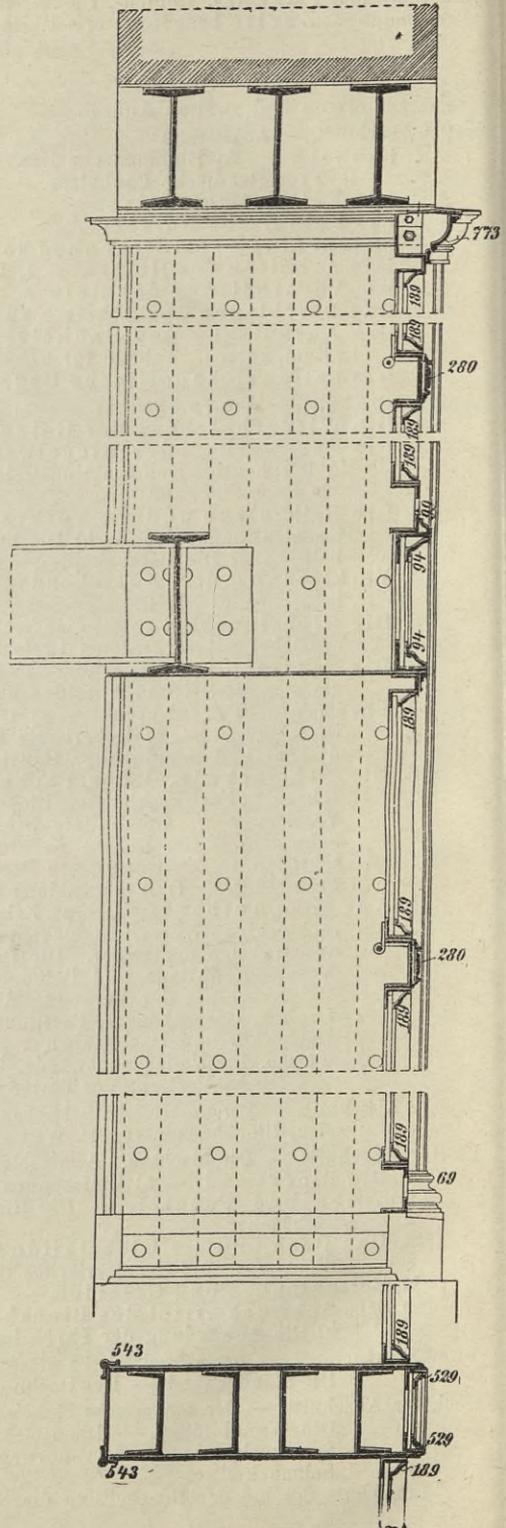
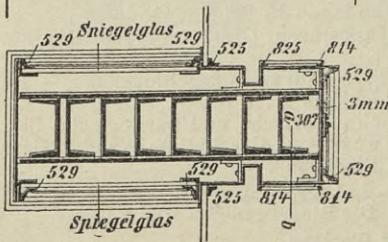
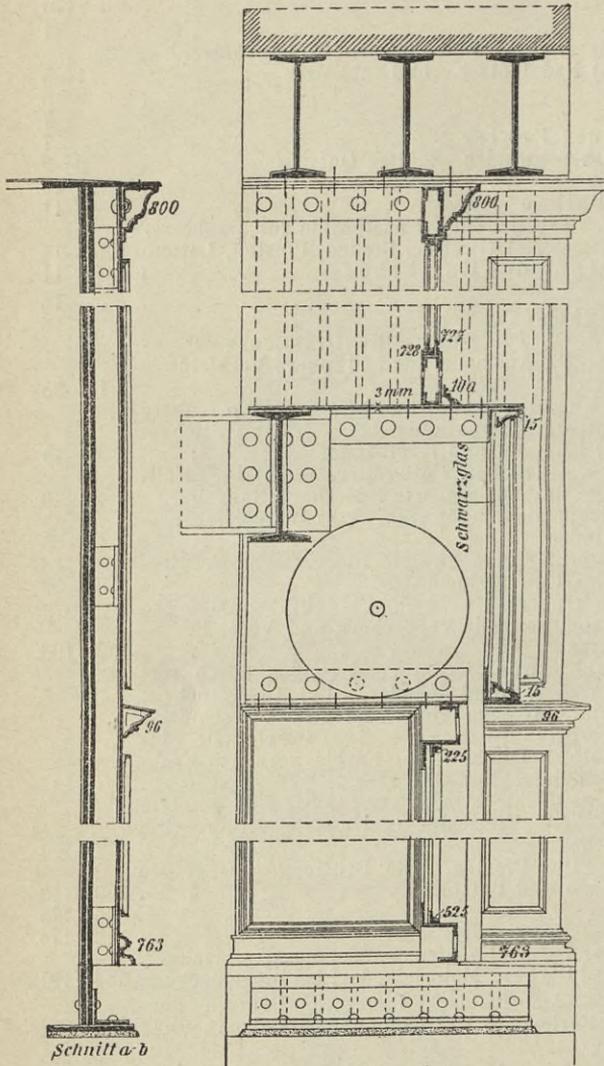
umfassend den Fachwerk-, Bohlen-, Block-, Ständer- und Stabbau und deren zeitgemässe Wieder-  
verwendung. Zweite bedeutend erweiterte Auflage. Mit 500 Textabbildungen und 15 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort zur ersten und zweiten Auflage . . . . .	VII—VIII
<b>Erster Abschnitt. — Allgemeines</b> . . . . .	<b>1</b>
1. Bauholz. — A. Einheimische Bauhölzer. — a) Nadelhölzer. b) Laubhölzer. — B. Fremdländische Bauhölzer. — a) Nadelhölzer. b) Laubhölzer . . . . .	1—5
2. Die Fällzeit des Holzes . . . . .	5
3. Die Fehler des Holzes . . . . .	7
4. Holzprüfung zum Erkennen seiner Fehler . . . . .	7
5. Das Arbeiten des Holzes. — 1. Das Schwinden. 2. Das Quellen . . . . .	8—9
6. Die Verarbeitung des Holzes . . . . .	10
7. Das Beschlagen der Stämme zu Balken . . . . .	11
8. Die Ausnutzung des Bauholzes. Tabelle der Normalprofile für Bauhölzer in Zentimetern. Tabelle für Schnittmaterial (Bretter, Bohlen, Pfosten, Latten) . . . . .	13—14
9. Die nationalökonomische Bedeutung des Holzbaues . . . . .	14
<b>Zweiter Abschnitt. — Der Fachwerkbau</b> . . . . .	<b>18</b>
1. Die Wiederbelebung der Holzbaukunst . . . . .	18
2. Die Fachwerk- oder Riegelwand. a) Die frühere Konstruktionsweise. — b) Die heutige Konstruktionsweise. Die Ausmauerung und innere Verkleidung der Fachwerkwand . . . . .	19—35
3. Die Balkenlage und die Vorkragung der Stockwerke. — a) Die frühere Konstruktionsweise. — b) Die heutige Konstruktionsweise. — c) Das Stichge- bälk. — d) Die Balkenköpfe. — e) Knaggen und Kopfbänder . . . . .	35—45
4. Verkleidung der Zwischendecke. — a) Die Füllbretter. — b) Die Füll- hölzer. — c) Die Brettergesimse. — d) Ausgemauerte Zwischenfüllungen . . . . .	46—49
5. Die Giebelausbildung. — a) Schlichte Giebelbildungen. — b) Doppelgiebel. — c) Giebel mit vorgelegten Freigebinden . . . . .	49—85
6. Die Fenster. — a) Die frühere Fensterumrahmung. — b) Die moderne Fenster- umrahmung. — Das Anschlagen des Futterrahmens . . . . .	85—92
7. Türen und Torfahrten. — a) Die frühere Umrahmung. — b) Die moderne Umrahmung. — c) Ueberbaute Haustüren mit Vordächern und Veranden. — d) Ein- und zweiflügelige Haustüren . . . . .	92—106
8. Die Schmuckmittel des Fachwerkbauens. — a) Verzierungen durch ver- schränkte Fachwerkhölzer. Riegelkreuze. Winkelbänder. — b) Ausgestochene Verzierungen. Geschnitzte Ständer. Geschnitzte Eckpfosten. Geschnitzte Schwellen. Geschnitzte Fensterbrüstungsplatten. — c) Geschnitzte In- schriften. — d) Gemusterte Backsteingefache. — e) Farbige verzierte Fach- werkwelder. — f) Die Bemalung des Holzes . . . . .	107—142
9. An- und Aufbauten. — a) Erker. Rechteckige Erker. Ueber Eck gesetzte rechteckige Erker. Dreieckige Erker. Vieleckige (polygonale) Erker. Die Konstruktion der Erker. Die Decke . . . . .	142—159
b) Veranden, Altane und Balkone. Die Pfosten. Die Brüstung. Der obere Abschluss der Veranda. Altane und Balkone . . . . .	159—173
c) Lauben, Gartenhäuser, Pavillons . . . . .	173
d) Dacherker und Dachgauben . . . . .	176
e) Türme. Die Umfassungswände. Der Turmhelm. Dachspitzen und Wetterfahnen. Die Eindeckung der Türme und Dächer. Materialbedarf bei Ziegeldeckung . . . . .	185—197
<b>Dritter Abschnitt. — Der neuzeitliche Bohlenbau.</b> — Amerikanische Bauweise. Deutsche Bau- weise, Blockhäuser von H. Witte. Zerlegbare Holzbauten für Holzbearbeitung . . . . .	198—204
<b>Vierter Abschnitt. — Der Blockbau.</b> Allgemeines . . . . .	205
1. Die Blockwand. — a) Umfassungswände. — b) Scheidewände . . . . .	206—208
2. Türen und Fenster. — Die Eingangstüren (Haustüren). — Die Fenster. — Klebdächer . . . . .	208—213
3. Das Dach und die Giebelbildung. — Norwegisches Blockhaus. — Russisches Blockhaus. — Schweizerisches Blockhaus . . . . .	213—218
4. Seitenlauben und Galerien. — Schweizerische und norwegische Blockhäuser . . . . .	218—221
5. Die Schmuckmittel des Blockbaues. — a) Geschnitzte Wandverzierungen. — b) Die Anwendung der Farbe im Blockbau . . . . .	222—230
<b>Fünfter Abschnitt. — Der schweizerische Ständer- und Riegelbau</b> . . . . .	<b>230</b>
Die Ständerwand. — Das Dach. — Die Riegelwand. — Die Fenster. — Galerien . . . . .	230—237
<b>Sechster Abschnitt. — Der norwegische Stab- und Blockbau</b> . . . . .	<b>238</b>
Die Wandbildung. — Die Holzkirchen. — Die Dachkonstruktion. — Stabure, Speicherbauten. — Die norwegischen Bauernhäuser (Blockbauten). — Die Schmuckmittel . . . . .	238—244
Verzeichnis der bei der Bearbeitung dieses Bandes benutzten Werke und Zeitschriften . . . . .	245—246

Fig. 403.

Fig. 402.



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band IX:

## R. Schöler, Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues,

umfassend die Berechnung und Anordnung der Konstruktionselemente, der Verbindungen und Stösse der Walzeisen, der Träger und deren Lager, der Decken, Säulen, Wände, Balkone und Erker, der Treppen, Dächer und Oberlichter. Zweite Auflage. Mit 833 Textabbildungen und 18 Tabellen.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
<b>Vorwort</b> zur ersten und zweiten Auflage . . . . .	v—VII
<b>Erstes Kapitel. Die Konstruktionselemente</b> . . . . .	1
1. Die verschiedenen Walzeisensorten . . . . .	1
2. Die Verbindungsmittel der Eisenkonstruktionen . . . . .	3
a) Nietverbindungen. — b) Berechnung und Anordnung der Nietverbindungen.	
c) Schraubenverbindungen. — d) Berechnung der Schrauben. — e) Gelenk-	
verbindungen . . . . .	3—29
<b>Zweites Kapitel. Die Verbindungen und Verlängerungen der Walzeisen</b> . . . . .	30
1. Verlängerungen (Stösse) . . . . .	30
a) Verlängerung auf Zug beanspruchter einfacher Stäbe. — b) Verlängerung auf	
Druck beanspruchter Stäbe. — c) Verlängerung von Stäben, deren Querschnitt	
mehnteilig ist. — d) Stossdeckung von Stäben, die auf Biegung beansprucht sind	30—36
2. Anschlussverbindungen . . . . .	37
a) Die Knotenpunkte. — b) Trägeranschlüsse . . . . .	37—38
$\alpha$ ) Eckverbindungen. — $\beta$ ) Endverbindungen. — $\gamma$ ) Kreuzverbindungen .	38—46
<b>Drittes Kapitel. Die Träger</b> . . . . .	47
1. Berechnung der Träger . . . . .	47—49
a) Die Freiträger. — b) Träger auf zwei Stützen. — c) Träger auf mehreren	
Stützen. — d) Vernietete Träger. — e) Die Lager der Träger . . . . .	50—72
$\alpha$ ) Die festen Lager. — $\beta$ ) Die beweglichen Lager . . . . .	72—82
2. Die Verwendung der Träger . . . . .	82
a) Die Unterzüge. — b) Die Decken . . . . .	82—88
$\alpha$ ) Decken in Holz und Eisen. — $\beta$ ) Decken in Eisen und Stein bezw.	
Mörtel. — $\gamma$ ) Decken mit eisenarmerter Füllung. — $\delta$ ) Eiserne Decken	89—109
<b>Viertes Kapitel. Die Säulen und Stützen</b> . . . . .	110
a) Berechnung der Stützen. — b) Berechnung der Säulenfüsse. — c) Ausführung	
der gusseisernen Säulen. — d) Ausführung der schmiedeeisernen Säulen. — e) Be-	
rechnung auf Druck und Biegung beanspruchter Säulen . . . . .	112—162
<b>Fünftes Kapitel. Frontstützen, Ladeneingänge und Schaufenster</b> . . . . .	163
Gusseiserne und schmiedeeiserne Frontstützen. — Schaufensteranlagen . . . . .	163—181
<b>Sechstes Kapitel. Eiserne Wände</b> . . . . .	182
a) Allgemeines. — b) Eisenfachwerkwände. — c) Konstruktion der Wände. —	
d) Eiserne Wände . . . . .	182—197
<b>Siebentes Kapitel. Balkone und Erker</b> . . . . .	198
a) Balkone. — b) Erker . . . . .	198—217
<b>Achstes Kapitel. Eiserne Treppen</b> . . . . .	218
1) Massive Treppen . . . . .	218—235
2) Eiserne Treppen . . . . .	236
a) Gusseiserne Treppen. — $\alpha$ ) Gerade Treppen. — $\beta$ ) Wendeltreppen . . . . .	236—244
b) Schmiedeeiserne Treppen. — $\alpha$ ) Gerade Treppen. — $\beta$ ) Wendeltreppen . . . . .	245—262
<b>Neuntes Kapitel. Fachwerk</b> . . . . .	263
a) Allgemeines. — b) Dachbinder . . . . .	263—280
<b>Zehntes Kapitel. Eiserne Dächer</b> . . . . .	281
a) Allgemeines. — b) Pfetten. — c) Berechnung der kontinuierlichen Gelenkpfetten. —	
d) Sparren, Latten, Deckung. — e) Fuss- und Firstpunkte. — f) Der Windverband. —	
g) Wellblechdächer . . . . .	281—310
<b>Elfte Kapitel. Die Oberlichter.</b> — a) Allgemeines. — b) Die Glasdecke. — c) Die Sprossen. —	
d) Die Bildung des Firstes. — e) Bildung der Traufe. — f) Anschluss an	
lotrechte Mauern. — g) Sheddächer . . . . .	311—326
<b>Zwölftes Kapitel. Bedingungen über die Lieferung von Eisenkonstruktionen</b> . . . . .	327
a) Allgemeines. — b) Beschaffenheit des Materials. — c) Vorschriften	
über die Herstellung der Eisenkonstruktionen. — d) Abnahme. —	
e) Abrechnung. — f) Gewichtsberechnung . . . . .	327—337
<b>Anhang. — Tabellen 1 bis 18</b> . . . . .	338—356

Fig. 287.

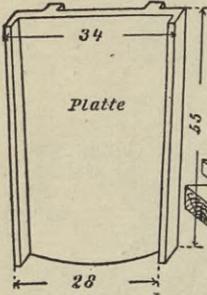


Fig. 290.

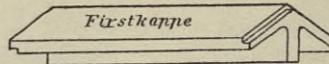


Fig. 288.

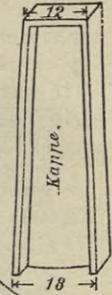


Fig. 289.

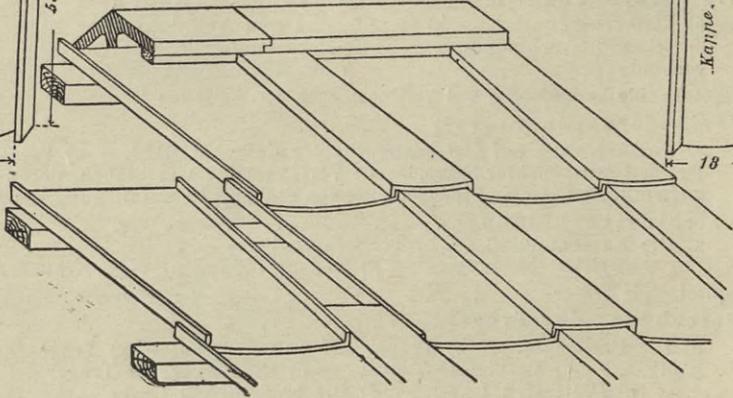
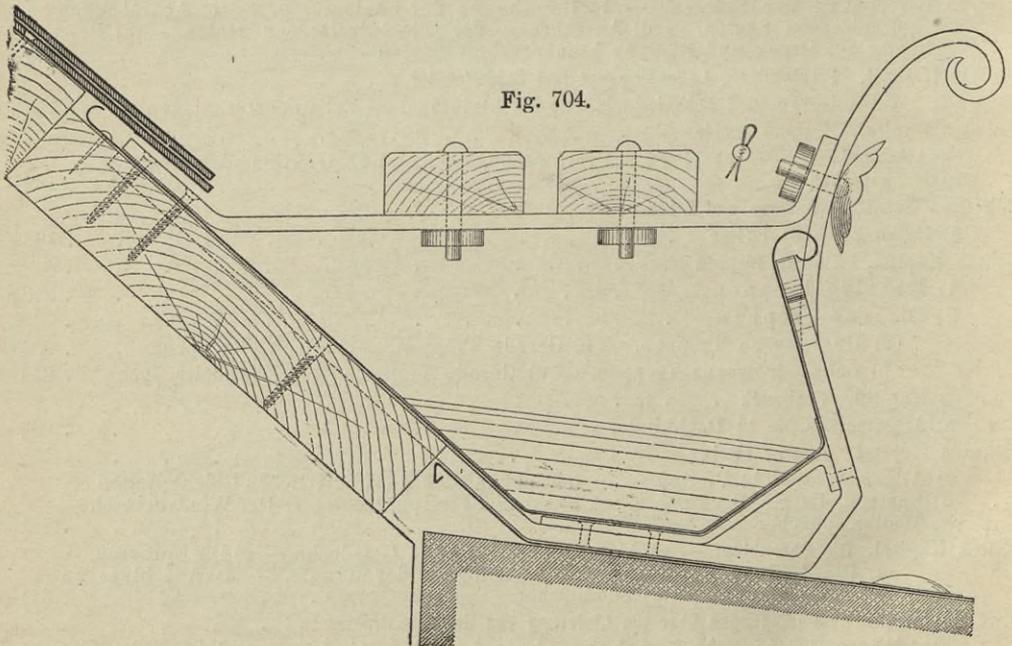


Fig. 704.



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band X:

## Prof. A. Opperbecke, Der Dachdecker und Bauklempler,

umfassend die sämtlichen Arten der Dacheindeckungen mit feuersicheren Stoffen und die Konstruktion und Anordnung der Dachrinnen und Abfallrohre.

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 745 Textabbildungen und 17 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	v
Allgemeines . . . . .	1—2
<b>A. Die Eindeckung der Dachflächen</b> . . . . .	<b>3—198</b>
1. Deckung mit organischen Stoffen . . . . .	3
1 a. Teer- oder Steinpappdächer . . . . .	3
Deckung mit offener Nagelung. — Deckung mit verdeckter Nagelung auf Leisten.	
Unterhaltung der Pappdächer. — Das doppellagige Klebepappdach . . . . .	4—17
1 b. Holzzementdächer . . . . .	17
Das Holzzement-Papierdach. — Das Holzzement-Pappdach . . . . .	18—27
1 c. Deckung mit imprägnierten, wasserdichten Leinenstoffen . . . . .	27
2. Deckung mit künstlichem Steinmaterial . . . . .	29
1 a) Deckung mit Dachsteinen aus gebranntem Ton . . . . .	29
Die Flachziegel. — Die Hohlziegel. — Die Dachpfannen. — Die Falzziegel. —	
Handwerkzeuge des Ziegeldeckers . . . . .	29—75
1 b) Deckung mit Zementplatten . . . . .	75
3. Deckung mit natürlichem Steinmaterial . . . . .	80
a) Englische Doppeldeckung . . . . .	82
b) Deutsche Deckung . . . . .	88
c) Französische Deckung . . . . .	98
Handwerkzeuge des Schieferdeckers . . . . .	110
4. Deckung mit Metallen (Allgemeines) . . . . .	115
a) Deckung mit Zink . . . . .	120
Deckung mit gewalzten glatten Tafeln. — Aeltere Ausführungsweise der Leisten-	
deckung. — Berliner (Wusterhausensche) Leistendeckung. — Rheinische oder	
Belgische Leistendeckung. — Fricksche Leistendeckung. — Französische	
Leistendeckung. — Deckung mit gewelltem Zinkblech. — Deckung mit doppelt	
gerippten Tafeln (System Baillot). — Deckung mit quadratischen Rauten (Vieille	
Montagne). — Deckung mit quadratischen Rauten (Lipine). — Deckung mit Spitz-	
rauten. — Deckung mit Schuppenblechen . . . . .	120—154
b) Deckung mit Eisen . . . . .	154
Deckung mit Eisenwellblech. — Deckung mit Rauten aus verzinktem Eisen-	
blech. — Deckung mit Dachplatten aus verzinktem Eisenblech. — Deckung	
mit Falzziegeln aus verzinktem Eisenblech. — Deckung mit Platten aus Gusseisen	154—172
c) Deckung mit Kupfer . . . . .	172
d) Deckung mit Blei . . . . .	174
5. Deckung mit Glas . . . . .	182
Glasdeckung auf Holzsprossen. — Glasdeckung auf $\perp$ -förmigen Eisensprossen. —	
Glasdeckung auf $+$ -förmigen Eisensprossen. — Glasdeckung auf Flacheisen-	
sprossen. — Glasdeckung auf rinnenförmigen Sprossen. — Verhinderung des	
Abgleitens der Glastafeln. — Unterstützung der Glastafeln durch Quersprossen	182—198
<b>B. Die Entwässerung der Dachflächen</b> . . . . .	<b>199—240</b>
Allgemeines . . . . .	199
a) Freitragende Hängerinnen . . . . .	203
b) Aufliegende Hängerinnen . . . . .	213
c) Freitragende Standrinnen . . . . .	213
d) Aufliegende Standrinnen . . . . .	223
e) Eingebettete Standrinnen . . . . .	225
f) Kehlrinnen . . . . .	230
Die Abfallrohre . . . . .	233—240

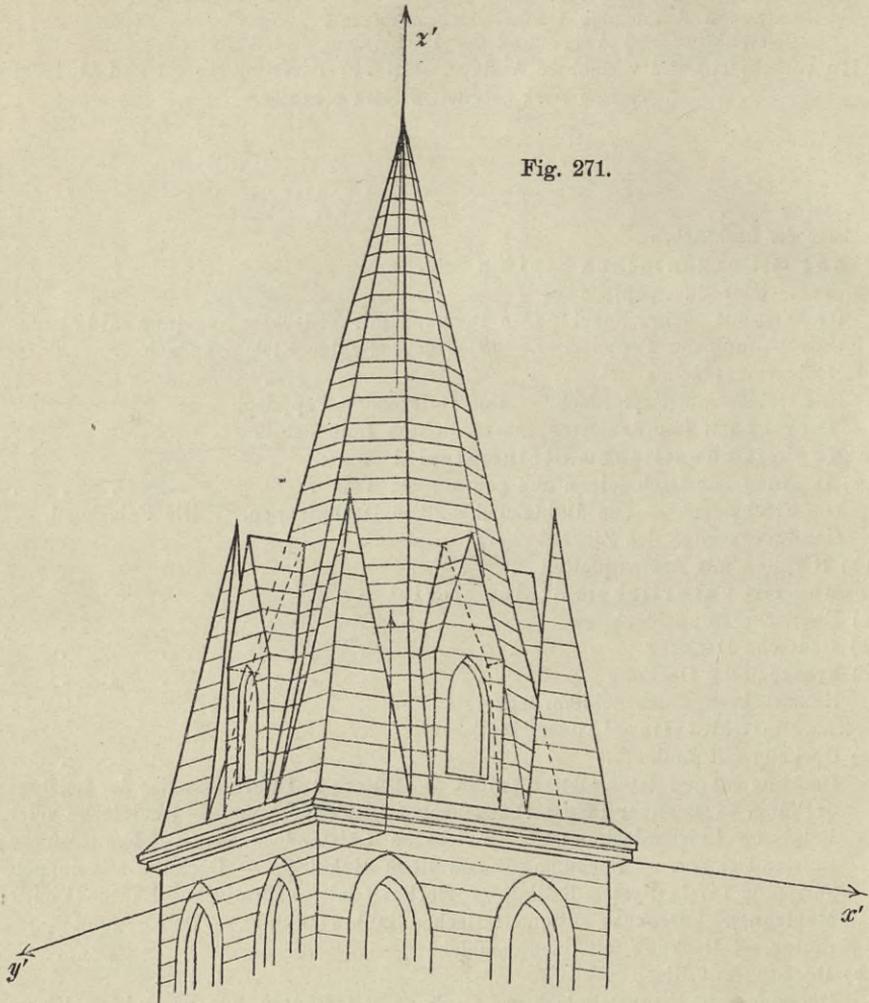


Fig. 271.

Fig. 272a.

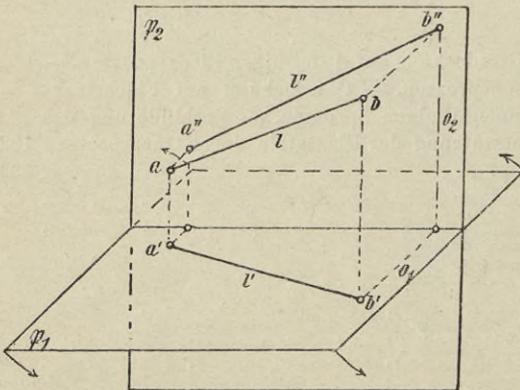
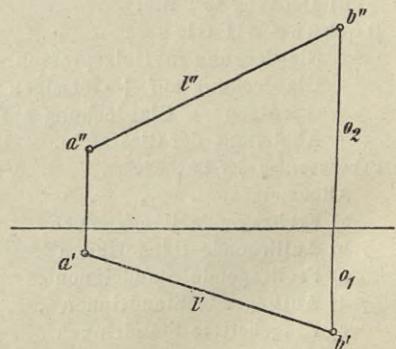


Fig. 272b.



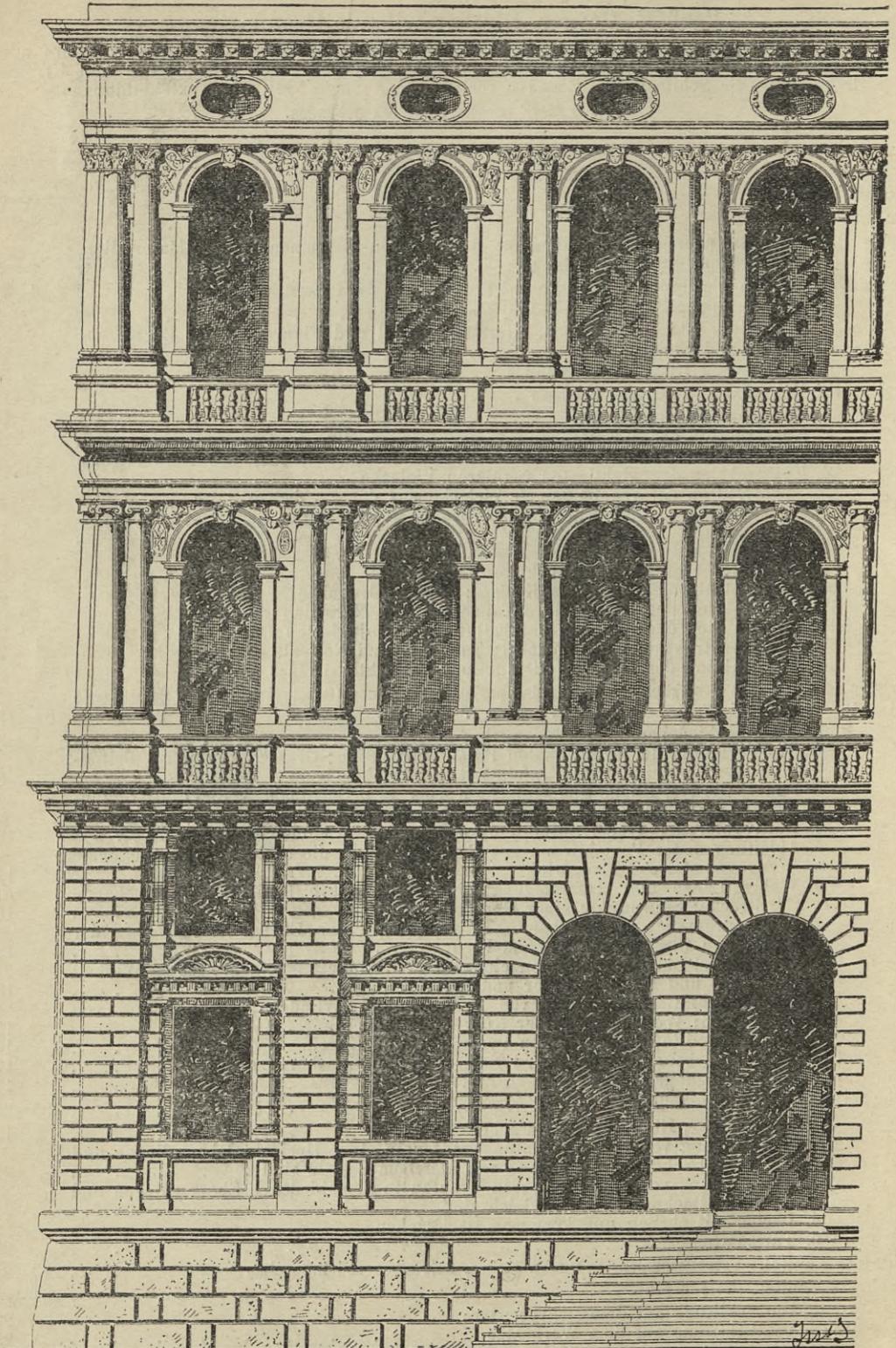
# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band XI:

## Prof. E. Geyger, Die darstellende Geometrie,

umfassend die Grundbegriffe der Geometrie, das geometrische Zeichnen, die Projektionslehre oder das projektive Zeichnen, die Dachausmittlungen, Schraubenlinien, Schraubenflächen und Krümm-  
linge sowie die Schiftungen. Zweite verbesserte Auflage. Mit 570 Textabbildungen.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	V—VI
Einführung . . . . .	1
Einige Bemerkungen über die Beschaffenheit der Zeichen-Instrumente und -Materialien, ihre Prüfung und Anwendung . . . . .	2
Erstes Kapitel. Die wichtigsten Erklärungen und Grundbegriffe der Geometrie . . . . .	4—24
1. Körper, Flächen, Linien, Punkte, Masseinheiten . . . . .	4
2. Lage einer Ebene im Raume. Gerade, Winkel und Figuren in der Ebene . . . . .	9
3. Gerade und Ebene im Raume . . . . .	22
4. Lage zweier Ebenen zu einander . . . . .	23
Zweites Kapitel. Das geometrische Zeichnen . . . . .	24—82
1. Die Elementaroperationen . . . . .	24
2. Konstruktion des Massstabes . . . . .	28
3. Konstruktion von Dreiecken und Vierecken; Fundamentalkonstruktionen am Kreise . . . . .	30
4. Konstruktion der wichtigsten regulären Vielecke . . . . .	37
5. Konstruktion der regelmässigen Vielecke aus der gegebenen Seite . . . . .	42
6. Konstruktion verschiedener Gewölbebogen, welche in der Baukunst häufig vor- kommen . . . . .	45
7. Affine und affin gelegene Figuren . . . . .	52
8. Projektive Figuren in perspektiver Lage . . . . .	56
9. Die Zentralprojektion eines Kreises; die Kegelschnitte . . . . .	60
10. Konstruktion der Ellipse, ihre Tangenten und Normalen . . . . .	66
11. Konstruktion der Achsen einer Ellipse aus konjugierten Durchmessern . . . . .	75
12. Drei Konstruktionen der Parabel; Tangente und Normale der Parabel . . . . .	76
13. Konstruktion der Hyperbel; Dreiteilung (Trisektion) eines Winkels . . . . .	82
Drittes Kapitel. Die Projektionslehre oder das projektive Zeichnen (Beschreibende oder darstellende Geometrie) . . . . .	82—197
1. Die verschiedenen Projektionsmethoden . . . . .	82
2. Das Verfahren der orthogonalen Parallelprojektion; Grundriss, Aufriss, Seiten- riss. Vereinigung der Tafeln mit der Zeichenebene . . . . .	84
3. Punkt, Gerade, Ebene und einfache Körper in orthogonaler Projektion. Seiten- riss und Einführung einer 3. (4.) Projektionsebene . . . . .	87
4. Die regulären Polyeder. Rotationskörper und Rotationsflächen . . . . .	101
5. Ableitung neuer Projektionen aus Grund-Aufriss; die schiefe und orthogonale axonomische Projektion . . . . .	111
6. Wahre Länge und Tafelneigung einer durch ihre Projektionen gegebenen Strecke; Spurpunkte einer Geraden . . . . .	130
7. Die Spurgeraden einer Ebene. Tafelneigung einer Ebene. Bestimmung der wahren Gestalt einer ebenen Figur . . . . .	139
8. Gerade und Ebene. Projektion eines rechten Winkels in einem rechten Winkel; Ebene und Ebene; Körper und Ebene . . . . .	151
9. Ebene Schnitte und Netze von Prismen und Zylindern; Rektifikation von Kurven; Wendepunkt einer Kurve; Schraubenlinie . . . . .	155
10. Ebene Schnitte und Netze von Pyramiden und Kegeln . . . . .	166
11. Tangentialebenen, Schnitte und Netze von Rotationskörpern . . . . .	172
12. Durchdringungen . . . . .	175
Viertes Kapitel. Dachausmittlungen . . . . .	198—220
1. Allgemeines; Einteilung der Dächer . . . . .	198
2. Ausmittlung von Dächern, deren Traufen in einer Horizontalebene liegen und deren Dachflächen eben und von gleichem Gefälle sind . . . . .	204
3. Ausmittlung von Dächern, deren Traufen in verschiedenen Ebenen liegen und deren Dachneigungen ungleich sind . . . . .	213
4. Dächer mit ebenen und krummen Dachflächen . . . . .	215
5. Turmdächer . . . . .	219
Fünftes Kapitel. Schraubenlinien, Schraubenflächen, Schrauben und Krümmung . . . . .	220—231
Sechstes Kapitel. Schiftungen . . . . .	231—258
1. Die Schiftung auf dem Lehrgespärre . . . . .	232
2. Die Schiftung auf dem Werksatze . . . . .	251
3. Die Schiftung auf Dachflächen oder die Bohlenschiftung . . . . .	252



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band XII:

## Hans Issel, Die Baustillehre,

umfassend die wichtigsten Entwicklungsstufen der Monumental-Baukunst in den verschiedenen Stilarten, mit besonderer Berücksichtigung der massgebenden Einzel-Bauformen.  
Mit 454 Textabbildungen und 17 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	v—vi
<b>Erster Abschnitt. Die monumentale Baukunst der vorklassischen Zeit</b> . . . . .	<b>1—23</b>
I. Die ägyptische Baukunst . . . . .	1
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	1
B. Die monumentalen Bauwerke . . . . .	3
C. Die ägyptischen Bauformen . . . . .	13
II. Die babylonische Baukunst . . . . .	15
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	15
B. Die babylonischen Monumental-Bauwerke . . . . .	16
III. Die assyrische Baukunst . . . . .	17
A. Land und Baumaterial der Assyrer . . . . .	17
B. Die assyrischen Monumentalbauten . . . . .	18
IV. Die persische Baukunst . . . . .	19
A. Das Land und sein Baumaterial . . . . .	19
B. Die persischen Monumentalbauten . . . . .	20
<b>Zweiter Abschnitt. Die monumentale Baukunst der klassischen Zeit</b> . . . . .	<b>24—75</b>
I. Die griechische Baukunst . . . . .	24
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	24
B. Die griechischen Monumentalbauten . . . . .	26
C. Die Bauformen . . . . .	36
D. Gesamtbild der griechischen Architektur . . . . .	49
II. Die römische Baukunst . . . . .	50
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	50
B. Die römischen Konstruktionsweisen . . . . .	52
C. Die römischen Bauformen . . . . .	56
D. Die römischen Bauwerke . . . . .	59
E. Die technische Darstellungsweise im Altertum . . . . .	74
<b>Dritter Abschnitt. Die Baukunst des Mittelalters</b> . . . . .	<b>76—236</b>
I. Die römisch-altchristliche Monumental-Baukunst im weströmischen Reiche . . . . .	76
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	76
B. Die altchristlichen Monumentalbauten . . . . .	79
II. Die altchristliche Monumental-Baukunst im oströmischen Reiche . . . . .	92
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	92
B. Die byzantinischen Monumentalbauten . . . . .	93
III. Die Monumentalbauten der romanischen Baukunst . . . . .	105
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	105
B. Die Grundrissanlage der romanischen Kirchen . . . . .	106
C. Der romanische Stil in Deutschland . . . . .	108
D. Der romanische Stil in Frankreich . . . . .	130
E. Der romanische Stil in England . . . . .	134
F. Der romanische Stil in Spanien . . . . .	138
G. Der romanische Stil in Italien . . . . .	139
H. Der romanische Stil in den nördlichen Ländern . . . . .	147
IV. Die monumentale Baukunst des Islam . . . . .	154
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	154
B. Die monumentalen Kultbauten der Mohammedaner . . . . .	157
C. Der maurische Stil . . . . .	177
V. Die Monumentalbauten der gotischen Baukunst . . . . .	183
A. Allgemeine baukünstlerische Entwicklung . . . . .	183
B. System der gotischen Bauweise . . . . .	187
C. Die Verbreitung des gotischen Stiles durch die Bauhütten . . . . .	189
D. Die Grundrissanlage der gotischen Kathedrale in Frankreich . . . . .	190
E. Die innere Ausgestaltung der Kirchen . . . . .	191
F. Die gewölbten Decken . . . . .	192
G. Die Gotik der Uebergangszeit in Deutschland . . . . .	194
H. Die gotischen Bauformen . . . . .	207
I. Die norddeutsche Backsteingotik . . . . .	233
K. Die Wandlungen der Gotik in den übrigen Ländern . . . . .	235
<b>Vierter Abschnitt. Die monumentale Baukunst der neueren Zeit</b> . . . . .	<b>236—329</b>
I. Die Renaissance in Italien. — II. Die Renaissance in Deutschland, Holland und Dänemark. — III. Die Renaissance in Frankreich, Spanien und England. — IV. Der Barockstil. — V. Rokoko- und Zopfstil . . . . .	236—329

# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band XIII:

## Prof. Ernst Nöthling, Die Baustofflehre,

umfassend die natürlichen und künstlichen Bausteine, die Bauhölzer und Metalle, sowie die Verbindungs-, Neben- und Hilfsbaustoffe. Mit über 300 Abbildungen auf 30 Tafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	v
Einleitung. — Prüfung der Baustoffe . . . . .	1—2
<b>Erster Teil. Die Hauptbaustoffe</b> . . . . .	1—204
I. Die Bausteine . . . . .	2—127
A. Natürliche Steine . . . . .	2—41
a) Einfache kristallinische Gesteine . . . . .	4—12
b) Gemengte kristallinische Gesteine . . . . .	12—19
c) Verkittete Trümmergesteine . . . . .	19—28
d) Lose Trümmergesteine und Erden . . . . .	28—31
e) Eigenschaften und Prüfung der natürlichen Steine . . . . .	31—33
f) Die Gewinnung der natürlichen Steine . . . . .	33
g) Die Bearbeitung der natürlichen Steine . . . . .	33—39
h) Die Erhöhung der Dauer von Hausteinen . . . . .	39—41
B. Die künstlichen Bausteine . . . . .	41—128
a) Gebrannte künstliche Steine . . . . .	41—98
b) Ungebrannte künstliche Bausteine . . . . .	98—128
II. Die Bauhölzer . . . . .	128—177
Allgemeines — Bau und Gefüge des Holzes — Allgemeine Eigenschaften der Hölzer — Beschreibung der wichtigsten Bauhölzer — Die Bearbeitung der Hölzer . . . . .	138—177
III. Die Metalle . . . . .	177—204
1. Das Eisen als Baustoff. — 2. Kupfer. — 3. Zink. — 4. Blei. — 5. Zinn. — 6. Aluminium. — 7. Nickel. — 8. Metalllegierungen. — 9. Thermit . . . . .	177—204
<b>Zweiter Teil. Die Verbindungsstoffe</b> . . . . .	205—290
Einleitung . . . . .	205
I. Die Mörtel . . . . .	205—275
A. Die Luftmörtel . . . . .	205—242
a) Der Lehmörtel . . . . .	206
b) Kalkmörtel . . . . .	206—225
Das Brennen des Kalkes. — Brennöfen für Kalk und Zement. — Verpackung und Aufbewahren des Kalkes. — Das Löschen des gebrannten Kalkes. — Die Zubereitung des Mörtels. — Die Mörtelmaschinen. — Mischungsverhältnisse für Kalkmörtel. — Sand und Kies. — Die Erhärtung des Kalkmörtels. — Wirkung von Eisen im Mörtel. — Mauerfrass. — Weitere Verwendungen des gebrannten Kalkes. . . . .	225—242
c) Gipsmörtel . . . . .	243—274
Allgemeines. — Eigenschaften des Gipses. — Das Brennen des Gipses. — Prüfung des Gipses auf seine Güte. — Schnelles und langsames Erhärten des Gipses. — Verwendungen des Gipses. . . . .	243—274
B. Wassermörtel oder hydraulische Mörtel . . . . .	244—246
a) Die Trasse . . . . .	246—274
b) Die Zemente . . . . .	274—275
C. Feuerfeste Mörtel . . . . .	275—285
II. Asphalt . . . . .	285—290
III. Die Kitte . . . . .	290—332
<b>Dritter Teil. Die Neben- oder Hilfsstoffe</b> . . . . .	290—332
I. Das Glas und das Wasserglas . . . . .	290—296
II. Harze und Teere . . . . .	296—298
III. Farben, Firnisse und Lacke . . . . .	298—312
IV. Kautschuk und Guttapercha . . . . .	312—313
V. Dachpappe, Holzzement, wasserdichte Gewebe . . . . .	314—315
VI. Asbest und Uralith . . . . .	315—319
VII. Linoleum . . . . .	319
VIII. Filz, Eisenfilz, Unterlagsfilzpappen . . . . .	319—320
IX. Tapeten, Lincrusta . . . . .	320—323
X. Hanf und Hanfseile . . . . .	323—324
XI. Stroh, Rohr, Moos und Torf . . . . .	324—325
XII. Deckengewebe, Rohrgewebe, Matten . . . . .	326—327
XIII. Das Papier als Baustoff . . . . .	327—328
XIV. Verschiedene andere Baustoffe . . . . .	328
XV. Verschiedene Baustoffe, welche zur Isolierung gegen Wärme und Kälte usw. dienen . . . . .	328—332

# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band XIV:

## Prof. A. Opderbecke, Das Veranschlagen im Hochbau,

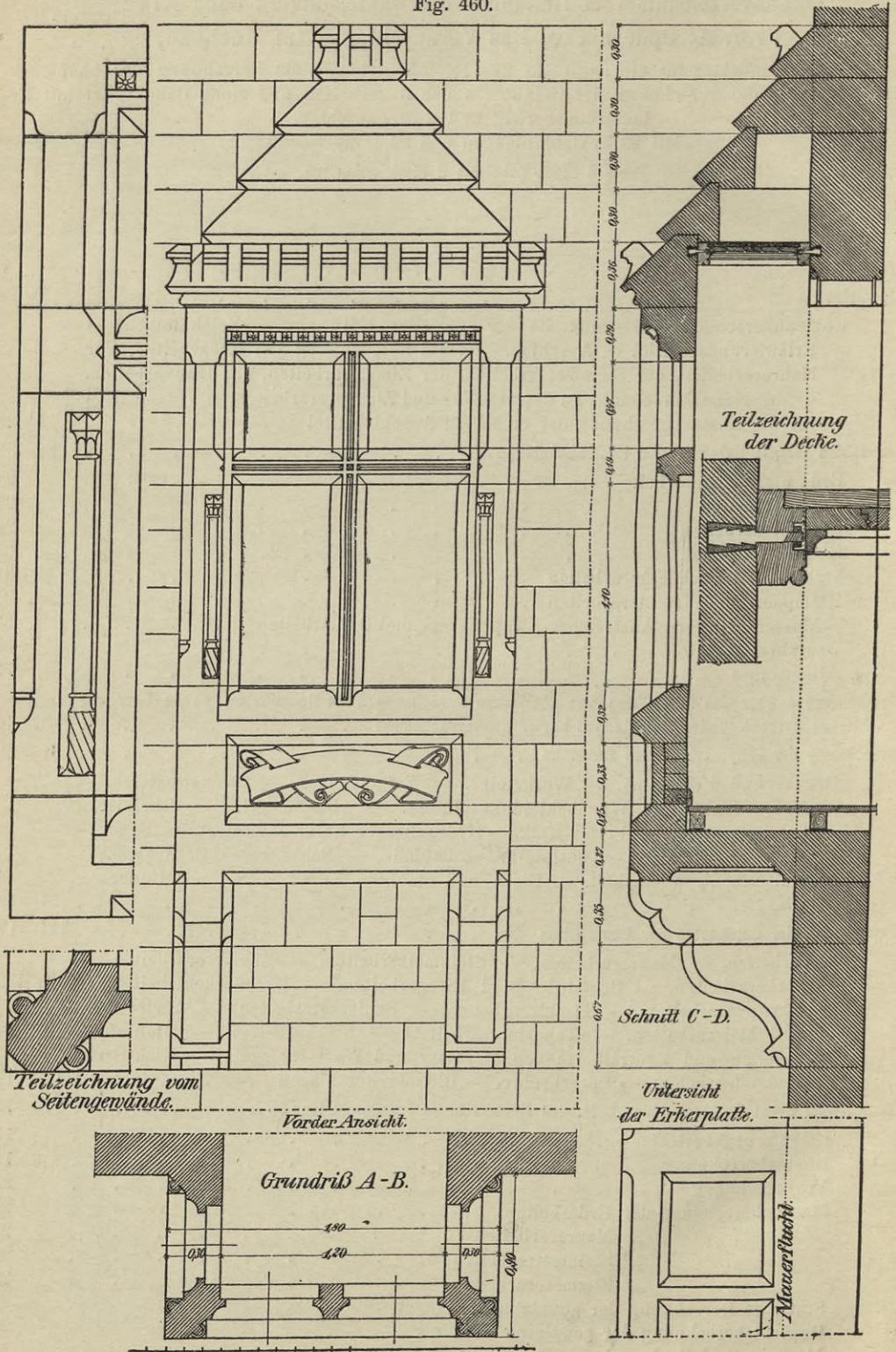
umfassend die Grundsätze für die Entwürfe und Kostenanschläge, die Berechnung der hauptsächlichsten Baustoffe, die Berechnung der Geldkosten der Bauarbeiten und einen Bauentwurf mit Erläuterungsbericht und Kostenanschlag.

Mit 20 Textabbildungen und 22 Doppeltafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	v
<b>A. Allgemeines</b> . . . . .	<b>1—22</b>
Kostenüberschlag. — Bestandteile der speziellen Entwürfe. — Zeichnungen. — Erläuterungsbericht. — Anschlag. — Massenberechnung der Erdarbeiten, der Maurerarbeiten, der Steinmetzarbeiten, der Zimmerarbeiten, der Eisenarbeiten. — Materialienberechnung zu den Maurer- und Zimmererarbeiten. — Vorschriften für die Kostenberechnung der einzelnen Anschlagstitel . . . . .	1—22
<b>B. Grundsätze für die Entwürfe und Kostenanschläge</b> . . . . .	<b>23—36</b>
Erd- und Maurerarbeiten . . . . .	23
Asphaltarbeiten . . . . .	28
Steinmetzarbeiten . . . . .	29
Zimmererarbeiten . . . . .	30
Staker- und Dachdeckerarbeiten . . . . .	31
Klempner- und Tischlerarbeiten . . . . .	32
Schlosser-, Glaser-, Anstreicher-, Tapezierer- und Ofenarbeiten . . . . .	33
Bauführungskosten . . . . .	34
Allgemeines . . . . .	35
<b>C. Bestimmungen über die Aufstellung von statischen Berechnungen zu Hochbauten, sowie über die hierbei anzunehmenden Belastungen bezw. Beanspruchungen</b> . . . . .	<b>37—50</b>
<b>D. Berechnung der hauptsächlichsten Baustoffe</b> . . . . .	<b>51—120</b>
Bruch- und Feldsteine. — Werksteine. — Ziegelsteine. — Chamottesteine. — Fussboden- und Wandbekleidungsplatten. — Dachziegel. — Rheinische Schwemmsteine. — Fetter Kalk. — Hydraulischer Kalk. — Zement. — Sand. — Mörtel. — Beton. — Kunststein. — Bauholz. — Schiefer. — Dachpappe. — Holzzement. — Asphalt. — Eisen und Stahl. — Zink. — Blei. — Kupfer. — Glas . . . . .	51—120
<b>E. Berechnung der Geldkosten der Bauarbeiten</b> . . . . .	<b>121—172</b>
Erdarbeiten. — Maurerarbeiten. — Steinmetzarbeiten. — Zimmererarbeiten. — Stakerarbeiten. — Schmiede- und Eisenarbeiten. — Dachdeckerarbeiten. — Klempnerarbeiten. — Tischlerarbeiten. — Schlosserarbeiten. — Anstreicher- und Malerarbeiten. — Tapeziererarbeiten. — Stuckarbeiten. — Ofensetzerarbeiten und Zentralheizungen. — Gas- und Wasseranlagen. — Elektrische Haustelegraphen. — Sprachrohre. — Blitzableiteranlagen . . . . .	121—172
<b>F. Bauentwurf nebst Kostenanschlag betr. den Neubau eines Familienhauses</b> . . . . .	<b>173—250</b>
Erläuterungsbericht . . . . .	173
Kostenberechnung . . . . .	178
Vorberechnung . . . . .	204
Massenberechnung der Erdarbeiten . . . . .	211
"    "    Maurerarbeiten . . . . .	212
"    "    Steinmetzarbeiten . . . . .	222
"    "    Zimmererarbeiten . . . . .	228
"    "    Zimmererarbeiten . . . . .	244
Statische Berechnung der gewalzten T-Träger . . . . .	249
Gewichtsberechnung der gewalzten Träger . . . . .	250
Maurermaterialienberechnung . . . . .	250

Fig. 460.



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band XV:

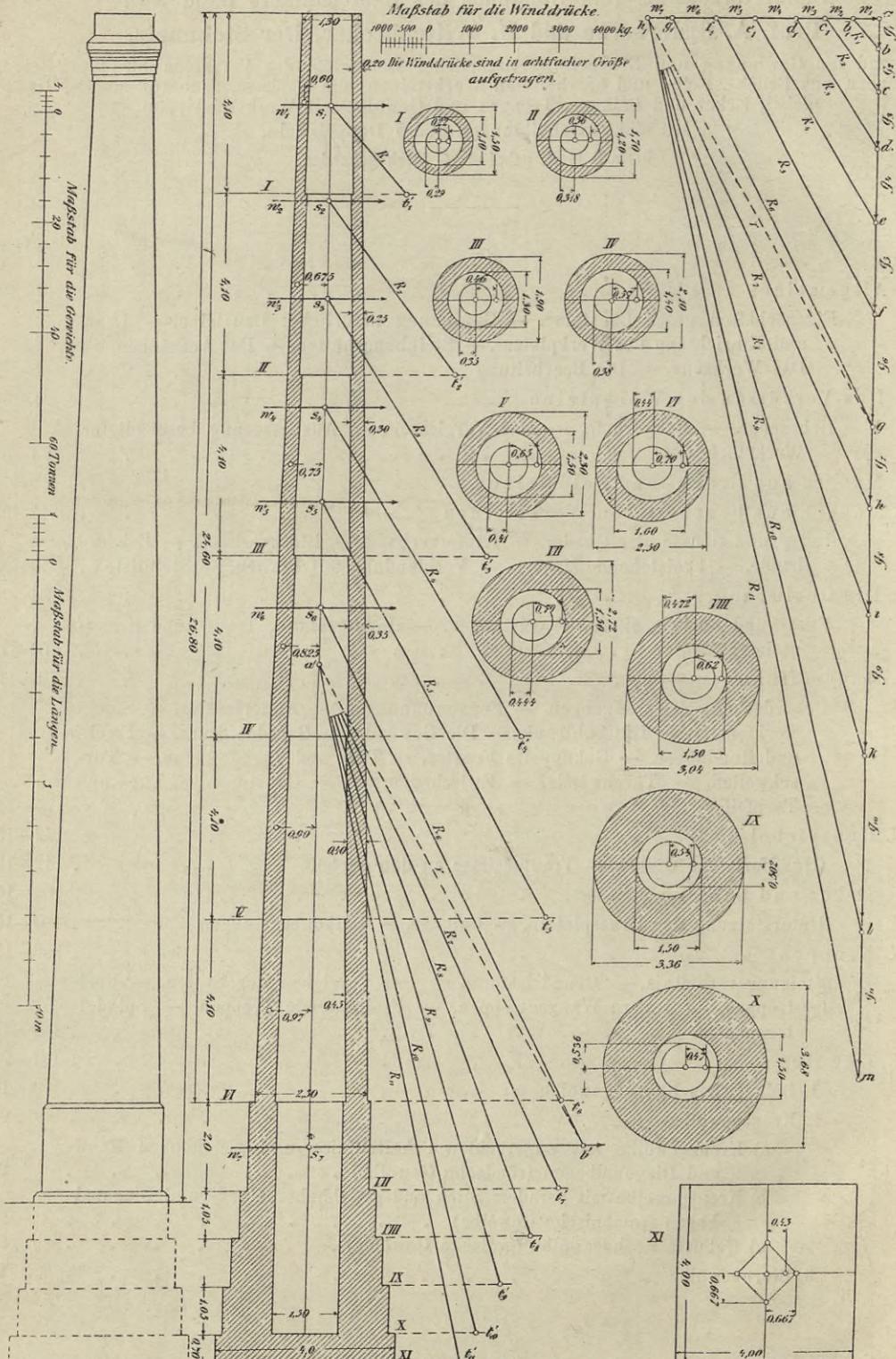
**Prof. A. Opderbecke und H. Wittenbecher, Der Steinmetz,**

umfassend die Gewinnung und Bearbeitung natürlicher Bausteine, das Versetzen der Werksteine, die Mauern aus Bruch-, Feld- und bearbeiteten Werksteinen, die Gesimse, Maueröffnungen, Hausgiebel, Erker und Balkone, Treppen und Gewölbe mit Werksteinrippen.

Mit 609 Textabbildungen und 7 Doppeltafeln.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	v
I. Allgemeines . . . . .	1—22
Eigenschaften guter Bausteine. — Gewinnung natürlicher Bausteine. — Lage und Einrichtung des Werkplatzes. — Steinhauerhütten. — Das Aufbänken. — Das Werkzeug. — Die Bearbeitung . . . . .	1—22
II. Das Versetzen der Werksteine . . . . .	23—39
Hebezeuge. — Bangerüste. — Das Vergiessen. — Ausbesserung beschädigter Werkstücke . . . . .	23—39
III. Mauern aus Bruch- und Feldsteinen . . . . .	40—42
IV. Mauern aus bearbeiteten Werksteinen . . . . .	43—53
Form und Grösse der Quader. — Läuferverband. — Blockverband. — Eckverbände. — Freistehende Mauern. — Verblendung mit Platten. — Steinliste . . . . .	43—53
V. Die Gesimse . . . . .	54—75
Fuss- und Sockelgesimse. — Gurtungen. — Hauptgesimse, Trauf- und Kranzgesimse . . . . .	54—75
VI. Maueröffnungen . . . . .	76—141
Ueberdeckung der Oeffnungen. — Fensteröffnungen. — Kellerfenster. — Stockwerkfenster. — Die Sohlbank. — Die Gewände. — Gerader Sturz. — Flach- und Rundbögen. — Gekuppelte Fenster. — Tür- und Toröffnungen. — Türschwellen. — Türgewände. — Zwischensturze. — Haustore. — Tür- und Torpfeiler . . . . .	76—141
VII. Hausgiebel . . . . .	142—159
Grundform der Giebel. — Traufgesimse an den Giebeln . . . . .	142—159
VIII. Erker und Balkone . . . . .	160—167
Unterstützung der Erkerplatten. — Balkone. — Balkonbrüstungen . . . . .	160—167
IX. Treppen . . . . .	168—196
Steigungsverhältnis. — Grundrissform. — Das Verziehen der Stufen. — Freitreppen. — Innere Wangentreppen. — Freitragende Treppen. — Spindeltreppen . . . . .	169—196
X. Gewölbe . . . . .	197—222
1. Böhmisches Kappengewölbe . . . . .	199
2. Kreuzgewölbe . . . . .	201
a) Kreuzgewölbe mit wagerechten Scheitellinien und gleichhohen Rand- und Diagonalbogen (römische Gewölbe) . . . . .	203
b) Kreuzgewölbe mit geradem Stich und gleichhohen Rand- und Diagonalbogen (romanische Gewölbe) . . . . .	205
c) Gebuste Kreuzgewölbe (gotische Gewölbe) . . . . .	208
3. Sterngewölbe . . . . .	216



# Inhaltsverzeichnis vom Handbuch des Bautechnikers Band XVI:

## R. Schöler, Die Statik und Festigkeitslehre des Hochbaues

einschliesslich der Theorie der Beton- und Betoneisenkonstruktionen. Mit 570 Textabbildungen,  
13 zum Teil farbigen Tafeln und 15 Querschnittstabellen.

Preis 5 Mark geheftet; 6 Mark gebunden.

	Seite
Vorwort . . . . .	v—vi
Erster Teil. Statik . . . . .	1—94
I. Grundbegriffe, Erklärungen . . . . .	1—4
Aufgabe der Statik. Grundbegriffe. Bestimmungsstücke einer Kraft. Darstellung der Kräfte. Kräfteplan. Mittelkraft. Gleichgewicht. Gleichgewicht zweier Kräfte. Satz von der Verschiebung des Angriffspunktes.	
II. Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften . . . . .	4—39
a) Die Kräfte wirken in derselben Geraden . . . . .	4
b) Die Kräfte wirken an einem Punkte nach verschiedenen Richtungen . . . . .	6
c) Rechnerische Zusammensetzung und Zerlegung von ebenen Kräften . . . . .	13
d) Die Kräfte wirken zerstreut in der Ebene . . . . .	16
e) Von den statischen Momenten der Kräfte . . . . .	32
III. Anwendung der statischen Gesetze auf die Baukonstruktionen . . . . .	40—94
a) Der durch Einzellasten beanspruchte Balken . . . . .	40
b) Der Schwerpunkt . . . . .	50
c) Von der Standsicherheit . . . . .	63
d) Von der Auflagerung der Träger . . . . .	65
e) Von den Fachwerkträgern . . . . .	68
Zweiter Teil. Festigkeitslehre . . . . .	95—217
I. Einleitung . . . . .	95
a) Formänderung und Spannung . . . . .	95
b) Dehnung, Dehnungskoeffizient, Elastizitätsmodul . . . . .	96
c) Proportionalitätsgrenze, Grenzkraft, Festigkeit . . . . .	97
d) Zulässige Beanspruchung, Sicherheitskoeffizient . . . . .	99
e) Festigkeitsarten . . . . .	99
f) Zulässige Beanspruchung . . . . .	100
II. Zugfestigkeit . . . . .	101—103
III. Druckfestigkeit . . . . .	103—105
IV. Schubfestigkeit . . . . .	105—110
V. Biegefestigkeit . . . . .	110—167
a) Entwicklung der Biegegungsgleichung . . . . .	110
b) Die meist vorkommenden Belastungsfälle . . . . .	126
VI. Knickfestigkeit . . . . .	167—179
a) Berechnung der Säulen . . . . .	167
b) Berechnung der Säulenfüsse . . . . .	172
c) Trägeranschlüsse an gusseiserne Säulen . . . . .	174
d) Schmiedeeiserne Säulen, deren Querschnitt aus zwei $\square$ -Eisen besteht . . . . .	176
e) Frontstützen aus $\square$ -Eisen . . . . .	178
VII. Schubspannungen in der Längsrichtung der Träger . . . . .	179
VIII. Zusammengesetzte Festigkeit . . . . .	183
a) Die auf Doppelbiegung beanspruchten Träger . . . . .	183
b) Biegung und Zug . . . . .	185
c) Biegung und Druck . . . . .	187
d) Der exzentrische Druck . . . . .	189
e) Horizontal belastete Säulen . . . . .	192
IX. Beton- und Betoneisenkonstruktionen . . . . .	195—217
a) Zentrischer Druck . . . . .	195
b) Beanspruchung auf Zug . . . . .	196
c) Schubfestigkeit . . . . .	197
d) Biegung . . . . .	197
e) Adhäsion zwischen Eisen und Beton . . . . .	201
f) Berechnung der Betoneisenkonstruktionen . . . . .	201
Dritter Teil. Anwendungen auf grössere Konstruktionen . . . . .	218—292
a) Reibung . . . . .	218
b) Erddruck . . . . .	221
c) Die freistehenden Schornsteine . . . . .	234
d) Die Gewölbe . . . . .	241
e) Musterbeispiele für die Anfertigung statischer Berechnungen . . . . .	251

Soeben gelangte zur Ausgabe:

Handbuch des Bautechnikers Band XVII:

DAS

# ENTWERFEN DER FASSADEN

ENTWICKELT

AUS DER ZWECKMÄSSIGEN GESTALTUNG DER EINZELFORMEN UND DEREN-  
ANWENDUNG AUF NEUZEITLICHE BÜRGERLICHE BAUTEN IN BRUCHSTEIN-,  
WERKSTEIN-, PUTZ- UND HOLZARCHITEKTUR

FÜR DEN SCHULGEBRAUCH UND DIE BAUPRAXIS

BEARBEITET

VON

**HANS ISSEL**

ARCHITEKT UND KÖNIGL. BAUGEWERKSCHULLEHRER ZU HILDESHEIM

MIT 350 TEXTABBILDUNGEN UND 24 TAFELN

GEHEFTET 5 MARK; GEBUNDEN 6 MARK.

---

Handbuch des Bautechnikers Band XVIII:

DIE

# SCHATTENKONSTRUKTIONEN DIE AXONOMETRISCHE PROJEKTION UND DIE PERSPEKTIVE

FÜR DEN SCHULGEBRAUCH UND DIE BAUPRAXIS

BEARBEITET

VON

**LUDWIG HAASS**

ARCHITEKT UND BAUGEWERKSCHULLEHRER ZU HILDESHEIM

MIT 255 TEXTABBILDUNGEN UND 16 TAFELN

GEHEFTET 5 MARK; GEBUNDEN 6 MARK.

---

# Empfehlenswerte Werke

für das

## Baugewerbe

aus dem

Verlag von Bernh. Friedr. Voigt in Leipzig

- Aldinger, Paul, Kunstschmiedereien moderner Richtung.** Vorlagen und Motive zu Gittern, Toren, Füllungen und Geländern. Zum praktischen Gebrauch für Schlosser, Architekten und Bauherren. Dreissig Tafeln mit erläuterndem Text und ausführlichen Gewichts- und Kostenberechnungen. gr. 4. In Mappe. 9 Mark.
- Altberg, O., Die Feuerungsanlagen** für das Haus, erläutert durch die Resultate der Wärmetechnik und die Leistung der verschiedenen Brennstoffe. Sechste unveränderte Auflage. Mit Atlas, enthaltend 21 Foliotafeln. gr. 8. Geh. 5 Mk. 25 Pfg.
- Arnheim, O., Moderne Schmiedearbeiten** in einfacher Ausführung. Vorlagen von Gittern aller Art, Brüstungen und Füllungen, Toren und Geländern. Für den praktischen Gebrauch herausgegeben. 24 Tafeln mit erläuterndem Text und ausführlichen Gewichtstabellen. gr. 8. In Mappe. 3 Mark.
- Aster, G., Das Einfamilienhaus.** Eine Sammlung von Entwürfen in Grundrissen, Ansichten und Höhenschnitten nebst Kostenanschlägen. 26 Tafeln mit erläuterndem Text. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Behse, Dr. W. H., Der Bau hölzerner Treppen.** Mit besonderer Berücksichtigung der Konstruktion neubearbeitet von Prof. Opderbecke, Direktor der Anhaltischen Bauschule in Zerbst. Fünfte vollständig neubearbeitete Auflage des Treppenwerkes von Dr. W. H. Behse. 24 Tafeln mit Text. gr. 4. Geh. 6 Mark. Geb. 8 Mark.
- Behse, Dr. W. H., Die Baurisse,** umfassend die zeichnerische Darstellung und das Entwerfen der gewöhnlich vorkommenden Gebäudegattungen. Nebst einer Aufstellung eines ausführlichen Kostenanschlags. Fünfte erweiterte Auflage, herausgegeben von Hermann Robrade, kaiserlicher Postbauinspektor. Mit einem Atlas von 30 Tafeln. gr. 8. Geh. 6 Mark.
- Behse, Dr. W. H., Der Maurer.** Eine umfassende Darstellung der sämtlichen Maurerarbeiten. Siebente gänzlich neubearbeitete Auflage, herausgegeben von Hermann Robrade, Kaiserl. Baurat. Mit einem Atlas von 56 Foliotafeln, enthaltend 720 Figuren. gr. 8. Geh. 12 Mark. Geb. 15 Mark.
- Behse, Dr. W. H., Treppen aus Holz.** Eine kurze Anweisung zum Gebrauch für Treppenbauer, Baugewerksmeister, Zimmerleute und Bauschüler. Sechste Auflage, herausgegeben von E. Lorenz, Architekt. Mit 100 Abbildungen auf 6 Tafeln. gr. 8. Geh. 1 Mark 50 Pfg.
- Behse, Dr. W. H., Der Zimmermann.** Eine umfassende Darstellung der Zimmermannskunst. Elfte erweiterte Auflage, herausgegeben von H. Robrade, kaiserl. Postbauinspektor. Mit einem Atlas von 44 Gross-Foliotafeln, enthaltend 685 Abbildungen. gr. 8. Geh. 12 Mark. Geb. 16 Mark.
- Berger, Alfons, Moderne Fabrik- und Industriebauten.** Eine Sammlung von Entwürfen und ausgeführten Anlagen zum Gebrauche für Architekten, Baugewerksmeister und Bauschüler, dargestellt durch Grundrisse, Schnitte, Ansichten und Teilzeichnungen. 28 Tafeln mit Text. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.

- Berndt, H., Häuser in Stein- und Putzban.** Eine Sammlung von Entwürfen zu bürgerlichen Bauten und Villen in verschiedenen Stilarten, vorwiegend in Putzban mit Stein- und Holzarchitekturteilen. Zum Gebrauch für Baumeister, Architekten, Bauunternehmer und Bauschüler. 26 Tafeln mit Text. 4. In Mappe. 4 Mark 50 Pfg.
- Bleichrodt, W. G., Meister-Examen der Maurer und Zimmerleute.** Ein Nachschlagebuch für die Praxis nach den neuesten Konstruktionsgebräuchen und Erfahrungen und Wiederholungsunterricht für Innungs-Kandidaten und Bauschul-Abiturienten zur Vorbereitung für die Prüfung. Vierte völlig umgearbeitete und vermehrte Auflage, zusammengestellt u. herausgeg. von Paul Gründling. Mit einem Atlas, enthält. 16 Tafeln mit über 600 Figuren. gr. 8. Geh. 9 Mark.
- Bock, O., Die Ziegelfabrikation.** Ein Handbuch, umfassend die Herstellung aller Arten von Ziegeln, sowie die Anlage und den Betrieb von Ziegeleien. Neunte gänzlich neubearbeitete Auflage. Mit 353 Textabbildungen und 12 Tafeln. Lex.-8. Geh. 10 Mark 50 Pfg. Geb. 13 Mark.
- Böhmer, E. und Neumann, Fr., Kalk, Gips, Zement.** Handbuch bei Anlage und Betrieb von Kalkwerken, Gipsmühlen und Zementfabriken. Fünfte verbesserte Auflage, bearbeitet von Fr. Neumann, Ingenieur. Mit einem Atlas von 10 Foliotafeln und 40 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Geh. 6 Mark 75 Pfg.
- Böttger, C. A. und A. und M. Graef, Die Arbeiten des Schlossers.** Zweite Folge. **Der Kunstschlosser.** Vorbilder für Bauschlosserei, Gebrauchsartikel, Hausgeräte und Beleuchtungsgegenstände, sowie Einzelheiten und Verzierungen, welche der Ornamentik des Schlossers angehören. In herrschendem Stil und gangbarsten Verhältnissen, nach genauem Mass entworfen und gezeichnet. 30 Foliotafeln in Farbendruck. gr. 4. In Mappe. 9 Mark.
- Buchner, Dr. O., Die Konstruktion und Anlegung der Blitzableiter.** Zum Schutze aller Arten von Gebäuden und Seeschiffen nebst Anleitung zu Kostenvoranschlägen. Dritte vermehrte Auflage. Mit einem Atlas von 8 Foliotafeln. 8. Geh. 3 Mk. 60 Pfg.
- Christiansen, O., Der Holzbaustil.** Entwürfe zu Holzarchitekturen in modern-deutschem, norwegischem, schweizer, russischem und englisch-amerikanischem Stil. Eine Sammlung von Sommersitzen, Villen, Land- und Touristenhäusern, Jagdschlössern, Wirtschafts- und ähnlichen Gebäuden. 30 Tafeln mit Text. gr. 4. In Mappe. 9 Mark.
- Deutsch, S., Der Wasserbau, I. Teil,** umfassend: Die Meteorologie, den Kreislauf des Wassers, die stehenden und fließenden Binnengewässer, die Talsperren, die Messung der Wasserstände, der Wassergeschwindigkeiten und Wasserabflussmengen, den Flussbau und den Wehrbau. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 218 Textabbildungen und 32 Tafeln. Lex.-8. Geh. 6 Mark. Geb. 7 Mark 50 Pfg.
- Deutsch, S., Der Wasserbau, II. Teil,** umfassend: Natürliche und künstliche Wasserstrassen, Schiffahrtsschleusen, Schiffshebeeinrichtungen, Hafenbauten, Flusskanalisierung, Bekämpfung des Hochwassers der Flüsse und Ströme, Deichbauten, Berechnung der durch Schütze fließenden Wassermenge, Berechnung der Werkkanäle, Berechnung von Kaimauern und Notizen über die wichtigsten Flüsse des deutschen Reiches. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 135 Textabbildungen und 37 Tafeln. Lex.-8. Geh. 6 Mark. Geb. 7 Mark 50 Pfg.
- Erlach, H., Sprüche und Reden für Maurer** bei Legung des Grundsteins zu allerlei öffentlichen und Privatgebäuden. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. 8. Geh. 1 Mark 80 Pfg.
- Faber, R., Schulhäuser für Stadt und Land.** Eine Sammlung ausgeführter Entwürfe von Dorf-, Bezirks- und Bürgerschulen, Realschulen und Gymnasien, mit und ohne Turnhallenanlagen, sowie Kinderbewahranstalten oder Krippen, unter besonderer Berücksichtigung der bewährtesten Subsellien. 27 Tafeln mit erläuterndem Text. gr. 4. In Mappe. 12 Mark.

- Frohn, C., Die graphische Statik.** Zum Gebrauche an technischen Unterrichts-  
anstalten, zum Selbststudium und für die Baupraxis. Mit 115 Textabbildungen  
und 3 Tafeln. Lex.-8. Geh. 3 Mark 50 Pfg. Geb. 4 Mark 50 Pfg.
- Gerstenbergk, H. v., Der Holzberechner** nach metrischem Masssystem. Tafeln  
zur Bestimmung des Kubikinhalts von runden, vierkantig behauenen und ge-  
schnittenen Hölzern, sowie des Quadratinhalts der letzteren; ferner der Kreis-  
flächen und des Wertes der Hölzer. Siebente Auflage. 8. Geb. 3 Mark 75 Pfg.
- Gerstenbergk, H. v., Neuer Steinberechner** nach metrischem Masssystem.  
Mit einem Anhang, enthaltend die wichtigsten Formeln zur Flächen- und  
Körperberechnung, sowie deren Anwendung auf die Praxis und eine arithmetische  
Tabelle. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Ed.  
Jentzen, Direktor. Mit 36 Textabbildungen. 8. Geb. 2 Mark 50 Pfg.
- Geyger, Erich, Die angewandte darstellende Geometrie,** umfassend die Grund-  
begriffe der Geometrie, das geometrische Zeichnen, die Projektionslehre oder  
das projektive Zeichnen, die Dachausmittlungen, Schraubenlinien, Schrauben-  
flächen und Krümmungen sowie die Schiftungen. Zweite verbesserte Auflage.  
Mit 570 Textabbildungen. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Graef, M., Dekorativer Holzbau.** Zeitgemässe Entwürfe zur inneren und  
äusseren Ausgestaltung des Hauses und seiner Umgebung durch Holzarchitektur.  
Vorlagen von Einzelheiten und Baulichkeiten für die Praxis. Zweite voll-  
ständig neubearbeitete Auflage. 36 Foliotafeln mit erläuterndem Texte. gr. 4.  
In Mappe. 9 Mark.
- Graef, A. und M., Die moderne Bautischlerei für Tischler und Zimmer-  
leute,** enthaltend alle beim inneren Ausbau vorkommenden Arbeiten des Bau-  
tischlers. Dreizehnte vollständig neubearbeitete Auflage. Mit 63 Text-Holz-  
schnitten und einem Atlas, enthaltend 40 Foliotafeln. gr. 8. Geh. 10 Mark  
50 Pfg. Geb. 13 Mark.
- Graef, A. und M., Moderne Ladenvorbaue und Schaufenster** mit Berücksich-  
tigung der inneren Einrichtung von Geschäftsräumen. Zweite verbesserte  
und vermehrte Auflage. 26 Foliotafeln mit erläuterndem Text. gr. 4. In  
Mappe. 9 Mark.
- Graef, A. und M., Das Parkett.** Eine Sammlung von farbigen Vorlagen massiver  
und furnierter Parkette in einfacher und reicher Ausführung. 24 Foliotafeln  
mit 300 Mustern nebst ausführlichem Text. gr. 4. In Mappe. 10 Mark.
- Graef, A. und M., Moderne Türen und Tore** aller Anordnungen. Eine  
Sammlung von Originalzeichnungen zum praktischen Gebrauch für Tischler und  
Zimmerleute. Zweite vollständig neubearbeitete Auflage. 24 Foliotafeln in  
Tondruck. gr. 4. In Mappe. 9 Mark.
- Graef, M., Die innere Ausstattung von Verkaufsräumen** in Tischlerarbeit.  
Moderne Ladeneinrichtungen für alle Geschäftszweige. 26 Foliotafeln in Farben-  
druck. gr. 4. In Mappe mit erläuterndem Text. 9 Mark.
- Graef, A. und M., Werkzeichnungen für Glaser und Bautischler,** insbeson-  
dere jede Art von Fenstern und alle damit verwandten Arbeiten zum Zwecke  
der inneren und äusseren Ergänzung und Ausstattung der Wohnhäuser und  
anderer Gebäude. Ferner eine grosse Anzahl aller möglichen Profile und Durch-  
schnitte von Fenstern, sowie auch Jalousie-, Roll- und anderer Verschluss-  
läden usw. Zweite verbesserte Auflage. 28 Foliotafeln mit erklärendem Text.  
gr. 4. In Mappe. 9 Mark.
- Gründling, P., Bürgerliche Bauten im Rohbaustil.** Ein Skizzen- und Nach-  
schlagebuch für alle vorkommenden freistehenden und eingebauten bürgerlichen  
und öffentlichen Bauten, dargestellt in Grundrissen, Fassaden und Teilzeich-  
nungen für Verblendbau-Ausführung. Zweite verbesserte Auflage. 25 Tafeln  
mit erläuterndem Text. gr. 8. In Mappe. 3 Mark.
- Gründling, P., Neue Garten-Architekturen.** Praktische Motive zu Eingängen  
Toren, Einfriedigungen, Lauben, Pavillons, Ruheplätzen, Terrassen, Veranden

- Laubengängen nebst 2 Lageplänen zu Garten- und Park-Anlagen. 24 Tafeln mit Text. gr. 4. In Mappe. 9 Mark.
- Gründling, P., Moderne Architekturen.** Entwürfe zu Miet-, Geschäfts- und Einfamilienhäusern im Stile der Neuzeit. Zum Gebrauche für Baugewerksmeister, Bauunternehmer und Bauherren. 30 Tafeln mit erklärendem Text. gr. 4. In Mappe. 9 Mark.
- Gründling, P., Motive für die Gesamt-Innen-Dekoration.** Ein Skizzen- und Nachschlagebuch für Architekten, Bauunternehmer usw., enthaltend Darstellung von Arrangements zur Innen-Dekoration der Decken und Wände aller vorkommenden Räume des bürgerlichen Hauses. In Gesamt-Ansichten, Grundrissen und Details des Einzel-Ornaments. 25 Tafeln mit erläut. Text. gr. 8. In Mappe. 3 Mark.
- Gründling, P., Moderne Wohnhäuser und Villen.** Eine Sammlung von Entwürfen und Darstellungen ausgeführter Bauten zu Miethäusern, Wohn- und Geschäftshäusern, sowie Einfamilienhäusern und Villen in der Stadt und auf dem Lande. 30 Tafeln in gr. 4. Mit Text in Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Gründling, P. und Hannemann, F., Theorie und Praxis der Zeichenkunst** für Handwerker, Techniker und bildende Künstler. Ein Vademekum über alle Zweige und Gebiete des Zeichnens. Vierte Auflage. Mit Atlas von 30 Foliotafeln. gr. 8. Geh. 9 Mark.
- Haass, L., Die Schattenkonstruktionen, die axonometrische Projektion und die Perspektive.** Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 255 Textabbildungen und 16 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Hintz, L., Die Baustatik.** Ein elementarer Leitfaden zum Selbstunterricht und zum praktischen Gebrauch für Architekten, Baugewerksmeister und Schüler bautechnischer Lehranstalten. Vierte vollständig neubearbeitete Auflage. Mit einer Tafel und 354 Textabbildungen. Lex.-8. Geh. 7 Mark 50 Pfg. Geb. 9 Mark.
- Issel, H., Die landwirtschaftliche Baukunde,** umfassend Bauernhäuser und Bauerngehöfte, Gutshäuser und Gutsgehöfte mit sämtlichen Nebenanlagen, Feld- und Hofscheunen, Stallungen für Gross- und Kleinvieh und Gebäude für landwirtschaftliche Gewerbe. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Zweite erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 684 Textabbildungen und 24 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Issel, H., Die Baustillehre,** umfassend die wichtigsten Entwicklungsstufen der Monumental-Baukunst in den verschiedenen Stilarten. Mit besonderer Berücksichtigung der massgebenden Einzel-Bauformen. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 454 Textabbildungen und 17 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Issel, H., Das Entwerfen der Fassaden,** entwickelt aus der zweckmässigen Gestaltung der Einzelformen und deren Anwendung auf neuzeitliche bürgerliche Bauten in Bruchstein-, Werkstein-, Putz- und Holzarchitektur. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 350 Textabbildungen und 24 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Issel, H., Der Holzbau,** umfassend den Fachwerk-, Bohlen-, Block-, Ständer- und Stabbau und deren zeitgemässe Wiederverwendung. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Zweite bedeutend erweiterte Auflage. Mit 500 Textabbildungen und 15 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Issel, H., Die Wohnungsbaukunde** (Bürgerliche Baukunde), umfassend das freistehende und eingebaute Einfamilienhaus, das freistehende und eingebaute Miethaus, das städtische Wohn- und Geschäftshaus und deren innere Einrichtung. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Zweite bedeutend erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 583 Textabbildungen und 23 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Jeep, W., Der Asphalt** und seine Anwendung in der Technik. Gewinnung, Herstellung und Verwendung der natürlichen und künstlichen Asphalte. Zweite

- neubearbeitete Auflage, herausgegeben von Prof. Ernst Nöthling, Architekt und Oberlehrer der Kgl. Baugewerkschule zu Deutsch-Krone (Westpr.). Mit 30 in den Text gedruckten Abbildungen. gr. 8. Geh. 6 Mark.
- Jeep, W., Die Einrichtung und der Bau der Backöfen.** Ein Handbuch für Bau- und Maurermeister, Bäcker und alle diejenigen, welche sich mit dem Bau und Betriebe der Backöfen und Bäckereien befassen. Zweite sehr vermehrte Auflage. Mit einem Atlas von 15 Tafeln, enthaltend 158 Abbildungen. 8. Geh. 5 Mark.
- Jeep, W., Einfache Buchhaltung** für baugewerbliche Geschäfte. Zum Gebrauche für Bauhandwerker und technische Lehranstalten. Nebst einem Anhang: Die gesetzlichen Bestimmungen über die Arbeiter-Versicherungskassen. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. gr. 8. Geh. 3 Mark.
- Jeep, W., Die Eindeckung der Dächer** mit weichen und harten Materialien, namentlich mit Steinen, Pappe und Metall. Eine Anleitung zur Anfertigung der verschiedenen Dacheindeckungen für Schiefer- und Ziegeldecker, Klempner, Bauhandwerker und Bauunternehmer. Vierte Auflage. Mit Atlas von 12 Folio tafeln. 8. Geh. 4 Mark 50 Pfg.
- Jeep, W., Die Anfertigung der Kitt- und Klebemittel** für die verschiedensten Gegenstände. Zum Gebrauch für Maschinenfabrikanten, Ingenieure, Architekten, Baumeister, Bauunternehmer, Schlosser, Schmiede, Tischler, Drechsler etc. Vierte völlig veränderte Auflage von Thons Kittkunst. gr. 8. Geh. 2 Mark 50 Pfg.
- Jeep, W., Das graphische Rechnen** und die Graphostatik in ihrer Anwendung auf Baukonstruktionen. Zum Gebrauche für Baugewerksmeister, Baugewerkschulen usw. Zweite Auflage. Mit Atlas von 35 Folio tafeln. gr. 8. Geh. 5 Mark.
- Jentzen, Ed., Die Flächen- und Körperberechnungen.** Nebst vielen Beispielen zum praktischen Gebrauch für Bau- und Maschinentechner. Mit 116 Figuren. Zweite vermehrte Auflage. gr. 8. Geh. 2 Mark 25 Pfg.
- Johnen, Dr. P. J., Elemente der Festigkeitslehre** in elementarer Darstellung mit zahlreichen, teilweise vollständig gelösten Uebungsbeispielen, sowie vielen praktisch bewährten Konstruktionsregeln. Für Maschinen- und Bautechniker, sowie zum Gebrauche in technischen Lehranstalten. Mit 176 in den Text gedruckten Abbildungen und mehreren Profiltabellen. gr. 8. Geh. 6 Mark 75 Pfg.
- Keller, O., Das A-B-C des Zimmermanns** oder die ersten Begriffe der Zimmerkunst für Lehrlinge und angehende Gesellen. Zweite, gänzlich neubearbeitete Auflage. Mit 12 Figurentafeln. kl. 4. Geh. 2 Mark 50 Pfg.
- Keller, O., Kleine Häuser.** Eine Sammlung von einfachen und reicheren Entwürfen für Baugewerksmeister, Bauschüler und Bauunternehmer. Fünfte vollständig neubearbeitete Auflage. 30 Tafeln mit Text. gr. 8. In Mappe. 3 Mark.
- Keller, O., Architektonische und konstruktive Details** zum Gebrauch für Bauausführende und Schüler des Baufaches. 10 Grossfoliotafeln mit Text in Mappe. 6 Mark.
- Keller, O., Architektonische Holzverzierungen zum Aussägen.** Eine Sammlung von Entwürfen zum praktischen Gebrauch für Architekten und Baugewerksmeister, sowie als Wandtafelvorlagen für Fachschulen. Dritte vermehrte Auflage. 10 Tafeln in grösstem Folioformat in Mappe. gr. 4. 5 Mark.
- Keller, O., Vorlegeblätter für das Tiefbauzeichnen** zum Gebrauche an Tiefbausschulen. 26 Tafeln mit erläuterndem Text. gr. 4. In Mappe. 5 Mark.
- Kellers Unterrichtsbücher für das gesamte Baugewerbe.** Für Praxis, Selbstunterricht und Schulgebrauch.
- Bd. 1. Die Mathematik I. Gemeine Arithmetik und bürgerliches Rechnen, allgemeine Arithmetik sowie Algebra und Trigonometrie. Dritte vermehrte Auflage. Lex.-8. Geb. 3 Mark.

- Band 2. Die Mathematik II. Planimetrie, Stereometrie, darstellende Geometrie und Schattenlehre. Vierte vollständig neubearbeitete Auflage. Mit 323 Figuren auf 26 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 2a. Die Mathematik IIa. Perspektive, Schiften, Austragen der Treppen, Krümmlinge und Steinschnitt. Mit 89 Figuren auf 12 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 3. Technische Naturlehre, mit besonderer Berücksichtigung der Physik, Baumechanik, Chemie und Baumaterialienlehre. Dritte vollständig neubearbeitete Auflage. Mit 7 Tafeln, enthaltend 77 Figuren. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 4. Die Baukonstruktionslehre I. Steinkonstruktionen, enthaltend die Arbeiten des Maurers und Steinmetzen. Dritte gänzlich neubearbeitete Auflage. Mit 215 Abbildungen auf 12 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 5. Die Baukonstruktionslehre II. Holzkonstruktionen, enthaltend die Arbeiten des Zimmerers und Bautischlers. Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 202 Figuren auf 22 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 6. Die Baukonstruktionslehre III. Enthaltend die Elemente der Eisenverbindungen sowie die einfachen Konstruktionen des Hoch- und Brückenbaues. Zweite vollständig neubearbeitete Auflage. Mit 171 Abbildungen auf 10 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 7. Die Baukonstruktionslehre IV. Enthaltend die Feuerungs- und Heizanlagen, die Ventilation und Beleuchtung für häusliche und gewerbliche Zwecke. Dritte vollständig neubearbeitete Auflage. Mit 12 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 8. Die Bauformenlehre. Enthaltend die Entwicklung und die Verhältnisse der Bauformen, den Fassadenbau und architektonische Einheiten mit besonderer Berücksichtigung des modernen Stiles. Dritte neubearbeitete Auflage. Mit 234 Abbildungen auf 20 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 9. Die Tiefbaukunde I. Enthaltend die verschiedenen Gründungsarten und die Elemente des Wasserbaues. Zweite verbesserte Auflage. Mit 86 Abbildungen auf 8 Tafeln. Lex.-8. Geb. 3 Mark.
- „ 10. Die Tiefbaukunde II. Enthaltend die Elemente der praktischen Geometrie und des Planzeichnens; Strassen- und Eisenbahnbau. Bearbeitet von A. Junghanss. Mit zahlreichen Figuren auf 15 Tafeln. Lex.-8. Geb. 1 Mark 50 Pfg.
- „ 11. Die Tiefbaukunde III. Enthaltend die Baumaschinen und die Elektrotechnik im Baufach. Bearbeitet von K. v. Auw. Lex.-8. Geb. 1 Mark 50 Pfg.
- „ 12. Die Allgemeine Baukunde. Die Einrichtung der landwirtschaftlichen, bürgerlichen, gewerblichen und gemeinnützigen Gebäude. Dritte vermehrte Auflage. Mit 12 Tafeln, enthaltend 160 Figuren. Lex.-8. Geb. 3 Mark.

**Klasen, L., Landhäuser im Schweizer Stil** und ähnlichen Stilarten. Eine Sammlung billig zu erbauender Villen für eine oder zwei Familien. 25 Tafeln in Quart mit erläuterndem Text. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.

**Klepsch, Th., Der Fluss-Schiffsbau** und seine Ausführung in Eisen, Holz und Komposit-Metall. Ein Wegweiser für Schiffsbauer, Ingenieure, Rhedereien und Schiffsbauunternehmer, nach praktischen Erfahrungen zusammengestellt und mit Tabellen versehen. Zweite Auflage. Mit 9 Foliotafeln. gr. 4. Geh. 3 Mark.

**König, A., Ländliche Wohngebäude**, enthaltend Häuser für den Landmann, Arbeiter und Handwerker, sowie Pfarr-, Schul- und Gasthäuser mit den dazu erforderlichen Stallungen. Nebst ausführlicher Angabe des zu ihrer Erbauung

- nötigen Aufwandes an Materialien und Arbeitslöhnen. Fünfte vollständig neubearbeitete Auflage von Paul Gründling, Architekt in Leipzig. Mit einem Atlas, enthaltend 16 Foliotafeln. gr. 8. Geh. 7 Mark 50 Pfg. Geb. 10 Mark.
- Kopp, W. und Graef, A. und M., Die Arbeiten des Schlossers.** Erste Folge. Leicht ausführbare Schlosser- und Schmiedearbeiten für Gitterwerk aller Art. In herrschendem Stil und gangbarsten Verhältnissen, nach genauem Maß entworfen. Zweite vermehrte Auflage von „Böttger und Graefs Arbeiten des Schlossers“. 24 Foliotafeln. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Koepper's Handwerkerbibliothek Band II: Der Dachdecker-Lehrling.** Praktischer Ratgeber für die Lehrzeit nebst Anleitung zur Gesellen-Prüfung, bearbeitet von Mitgliedern des S. W. D. Dachdecker-Verbandes. Mit 92 Textabbildungen. 8. Kart. 50 Pfg.
- Koepper's Handwerkerbibliothek Band III: Der Maurer-Lehrling.** Praktischer Ratgeber für die Lehrzeit nebst Anleitung zur Gesellen-Prüfung, bearbeitet von Georg Bier, Baugewerksmeister und Revisionsbeamter der Handwerkskammer zu Coblenz. Mit 96 Textabbildungen. 8. Kart. 50 Pfg.
- Koepper's Handwerkerbibliothek Band VI: Der Zimmerer-Lehrling.** Praktischer Ratgeber für die Lehrzeit nebst Anleitung zur Gesellen-Prüfung, bearbeitet von Georg Bier, Baugewerksmeister und Revisionsbeamter der Handwerkskammer zu Coblenz. Mit 144 Textabbildungen. 8. Kart. 50 Pfg.
- Kreuzer, Herm., Farbige Bleiverglasungen für Profan- und Kirchenbauten.** Für Architekten und praktische Glaser. I. Sammlung: Profanbauten. Zweite Auflage. 10 Blatt Folio in Farbendruck. Geh. 5 Mark.
- Kühn, A. und Rohde, H., Entwürfe für Gast- und Logierhäuser in Bade- und Luftkurorten.** 26 Tafeln mit erläuterndem Text. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Landé, R., Stadt- und Landhäuser.** Eine Sammlung von modernen Entwürfen in gotischen Formen. Dargestellt durch Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Perspektiven und Teilzeichnungen mit Aufstellung der annähernden Baukosten. 24 Tafeln mit Text in Mappe. gr. 4. 7 Mark 50 Pfg.
- Landé, R., Villa und Stadthaus.** Eine Sammlung von Entwürfen und ausgeführten Bauten in Formen der Renaissance und des Barockstils. Dargestellt durch Grundrisse, Ansichten, Perspektiven und Teilzeichnungen mit Aufstellung der annähernden Baukosten. 24 Tafeln mit Text in Mappe. gr. 4. 7 Mark 50 Pfg.
- Landé, R. und Krause, O., Mein Haus — meine Welt.** Eine Sammlung von Entwürfen für Einfamilienhäuser. Dargestellt durch Grundrisse, Schnitte, Ansichten und Perspektiven mit Aufstellung der annähernden Baukosten. 25 Tafeln mit Text. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Lindner, M., Die Technik des Blitzableiters.** Anleitung zur Herstellung und Prüfung von Blitzableiteranlagen auf Gebäuden jeder Art; für Architekten, Baubeamte und Gewerbetreibende, die sich mit Anlegung und Prüfung von Blitzableitern beschäftigen. Mit 80 Abbildungen. gr. 8. Geh. 2 Mark 50 Pfg.
- Manega, R., Die Anlage von Arbeiterwohnungen vom wirtschaftlichen, sanitären und technischen Standpunkte, mit einer Sammlung von Plänen der besten Arbeiterhäuser Englands, Frankreichs und Deutschlands.** Dritte neubearbeitete Auflage, herausgegeben von Paul Gründling, Architekt in Leipzig. Mit einem Atlas von 16 Tafeln, enthaltend 176 Figuren. gr. 8. Geh. 7 Mark 50 Pfg.
- Mühlau, P., Tore, Türen, Fenster und Glasabschlüsse im Stile der Neuzeit.** Eine Sammlung mustergültiger Original-Entwürfe von Toren, Haus-, Zimmer- und Korridor-türen, Windfängen, Glasabschlüssen, Fenstern und Wandvertäfelungen in einfacher und reicher Ausführung. Zum unmittelbaren Gebrauch für die Praxis bearbeitet. 30 Tafeln mit verkl. Text. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Müller, W., Der Bau eiserner Treppen.** Eine Darstellung schmiedeeiserner Treppen mit besonderer Berücksichtigung der neuesten Konstruktionen. Vierundzwanzig Tafeln und 2 Detailblätter. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.

- Müller, W., Der Bau steinerner Treppen.** Eine Darstellung steinerner Treppen in praktischen Beispielen mit besonderer Berücksichtigung der neuesten Konstruktionen. 24 Tafeln und 4 Blätter mit Teilzeichnungen in natürlicher Grösse. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Neupert, F., Geschäftshäuser.** Eine Sammlung von Entwürfen zu eingebauten Geschäfts- und Lagerhäusern für grössere und kleinere Städte. 25 Tafeln mit erklärendem Text in Mappe. gr. 4. 9 Mark.
- Nieper, F., Das eigene Heim.** Eine Sammlung von einfachen, freistehenden Einfamilienhäusern. Dargestellt durch Grundrisse, Schnitte, Ansichten und Perspektiven. 26 Tafeln mit erklärendem Text. gr. 8. In Mappe. 3 Mark.
- Nöthling, E., Die Baustofflehre,** umfassend die natürlichen und künstlichen Bausteine, die Bauhölzer und Mörtelarten, sowie die Verbindungs-, Neben- und Hilfsbaustoffe. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 30 Doppeltafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Nöthling, E., Die Eiskeller, Eishäuser und Eisschränke,** ihre Konstruktion und Benutzung. Für Bautechniker, Brauereibesitzer, Landwirte, Schlächter, Konditoren, Gastwirte u. s. w. Fünfte umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 161 Figuren. gr. 8. Geh. 3 Mark.
- Nöthling, E., Der Schutz unserer Wohnhäuser gegen die Feuchtigkeit.** Ein Handbuch für praktische Bautechniker, sowie als Leitfaden für den Unterricht in Baugewerksschulen. Mit 24 eingedruckten Figuren. gr. 8. Geh. 1 Mark 20 Pfg.
- Opderbecke, A., Der innere Ausbau,** umfassend Türen und Tore, Fenster und Fensterverschlüsse, Wand- und Deckenvertäfelungen, Treppen in Holz, Stein und Eisen. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Zweite bedeutend erweiterte Auflage. Mit 600 Textabbildungen und 7 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Opderbecke, A., Die Bauformen des Mittelalters in Sandstein.** 36 Blatt in Folio mit Text in Mappe. Zweite Auflage. 6 Mark.
- Opderbecke, A., Die Bauformenlehre,** umfassend den Backsteinbau und den Werksteinbau für mittelalterliche und Renaissance-Formen. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Zweite vervollständigte Auflage. Mit 537 Textabbildungen und 18 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Opderbecke, A., Die allgemeine Baukunde,** umfassend die Wasserversorgung, die Beseitigung der Schmutzwässer und Abfallstoffe, die Abortanlagen und Pissoirs, die Feuerungs- und Heizungsanlagen. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Zweite verb. und erweiterte Auflage. Mit 694 Textabbildungen und 6 zum Teil farbigen Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Opderbecke, A., Dachausmittlungen** mit besonderer Berücksichtigung des bürgerlichen Wohnhauses. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. 24 Tafeln mit erläuterndem Text. gr. 4. Geh. 6 Mark.
- Opderbecke, A., Der Dachdecker und Bauklempler,** umfassend die sämtlichen Arten der Dacheindeckungen mit feuersicheren Stoffen und die Konstruktion und Anordnung der Dachrinnen und Abfallrohre. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 745 Textabbildungen und 17 Tafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Opderbecke, A., Die Dachschiftungen.** Zum Gebrauche für Baugewerkschüler und ausführende Zimmermeister. Mit 54 Textabbildungen und einer Doppeltafel. Lex.-8. Geh. 75 Pfg.
- Opderbecke, A., Darstellende Geometrie für Hochbau- und Steinmetz-Techniker,** umfassend: Geometrische Projektionen, die Bestimmung der Schnitte von Körpern mit Ebenen und unter sich, das Austragen von Treppenkrümmungen und der Anfängersteine bei Rippengewölben, die Schattenkonstruktionen und die Zentralperspektive. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. 32 Tafeln mit 186 Einzelfiguren und erläuterndem Text. gr. 4. Geh. 6 Mark 75 Pfg.

- Opperbecke, A., Der Maurer**, umfassend die Gebäudemauern, den Schutz der Gebäudemauern und Fussböden gegen Bodenfeuchtigkeit, die Decken, die Konstruktion und das Verankern der Gesimse, die Fussböden, die Putz- u. Fugarbeiten. Für den Schulgebrauch u. die Baupraxis bearbeitet. Mit 743 Textabbild. und 23 Tafeln. Dritte vermehrte Auflage. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Opperbecke, A., Stadt- und Landkirchen** nach Entwürfen und Ausführungszeichnungen hervorragender Architekten zusammengestellt und bearbeitet. 24 Tafeln mit erklärendem Text. gr. 4. Geh. 6 Mark.
- Opperbecke, A., Das Veranschlagen im Hochbau**, umfassend die Grundsätze für die Entwürfe und Kostenanschläge, die Berechnung der hauptsächlichsten Baustoffe, die Berechnung der Geldkosten der Bauarbeiten und einen Bauentwurf mit Erläuterungsbericht und Kostenanschlag. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 20 Textabbildungen und 22 Doppeltafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Opperbecke, A., Der Zimmermann**, umfassend die Verbindungen der Hölzer untereinander, die Fachwerkwände, Balkenlagen, Dächer einschliesslich der Schifftungen u. die Baugerüste. Für den Schulgebrauch u. die Baupraxis bearbeitet. Mit 811 Textabbild. u. 27 Taf. Dritte vermehrte Aufl. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Opperbecke, A. und Wittenbecher, H., Der Steinmetz**, umfassend die Gewinnung und Bearbeitung natürlicher Bausteine, das Versetzen der Werksteine, die Mauern aus Bruch-, Feld- und bearbeiteten Werksteinen, die Gesimse, Maueröffnungen, Hausgiebel, Erker und Balkone, Treppen und Gewölbe mit Werksteinrippen. Für den Schulgebrauch und die Baupraxis bearbeitet. Mit 609 Textabbildungen und 7 Doppeltafeln. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.
- Rebber, W., Fabrikanlagen**. Ein Handbuch für Techniker und Fabrikbesitzer zur zweckmässigen Einrichtung maschineller, baulicher, gesundheitstechnischer und unfallverhütender Anlagen in Fabriken, sowie für die richtige Wahl des Anlageortes und der Betriebskraft. Neubearbeitet von C. G. O. Deckert, Ingenieur. Zweite vermehrte Auflage. gr. 8. Geh. 3 Mark 75 Pfg.
- Reinnel's, F., praktische Vorschriften für Maurer, Tüncher, Haus- und Stubenmaler, Gips- und Stuckaturarbeiter, Zementierer und Tapezierer**, zum Putzen Anstreichen und Malen der Wände, Anfertigung von baulichen Ornamenten aus Kunststein, Zement und Gips, zur Mischung der verschiedenartigen Mörtel, Anstriche auf Holz, Eisen usw. Dritte Auflage, vollständig neubearbeitet von Ernst Nöthling, Architekt und Kgl. Baugewerkschullehrer. Geh. 4 Mark 50 Pfg.
- Ritter, C., Die gesamte Kunstschmiede- und Schlosser-Arbeit**. Ein Muster- und Nachschlagebuch zum praktischen Gebrauch für Schlosser und Baumeister, enthaltend: Türen und Tore, Geländer und Gitter aller Art, Bekrönungen und Füllungen, Bänder und Beschläge u. dergl. in einfacher und reicherer Ausführung mit Angabe der gebräuchlichen Mafse. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. 26 Tafeln mit Text. gr. 8. In Mappe. 4 Mark 50 Pfg.
- Robrade, H., Die Heizungsanlagen** in ihrer Anordnung, Berechnungsweise und ihren Eigentümlichkeiten mit besonderer Berücksichtigung der Zentralheizung und der Lüftung. Ein Hilfsbuch zum Entwerfen und Berechnen derselben. Mit 117 Abbildungen. gr. 8. Geh. 4 Mark.
- Robrade, H., Taschenbuch für Hochbautechniker und Bauunternehmer**. Vierte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 200 Textabbildungen. 8. Geb. 4 Mark 50 Pfg.
- Roch, F., Moderne Fassadenentwürfe**. Eine Sammlung von Fassaden in neuzeitlicher Richtung. Unter Mitwirkung bewährter Architekten herausgegeben. 24 Tafeln. gr. 4. In Mappe. 7 Mark 50 Pfg.
- Schloms, O., Der Schnittholzberechner**. Hilfsbuch für Käufer und Verkäufer von Schnittmaterial, Zimmermeister und Holzspediteure. Zweite Auflage. Geb. 2 Mark.
- Schmidt, O., Die Anfertigung der Dachrinnen in Werkzeichnungen**. Mit Berücksichtigung der in der Abteilung für Bauwesen im Königlich Preussischen

Ministerium für öffentliche Arbeiten entworfenen Musterzeichnungen. 12 Plano-  
tafeln mit 106 Figuren und erläuterndem Text. In Mappe. 5 Mark.

**Schöler, R., Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues**, umfassend die Berech-  
nung und Anordnung der Konstruktionselemente, der Verbindungen und Stösse  
der Walzeisen, der Träger und deren Lager, der Decken, Säulen, Wände, Balkone  
und Erker, der Treppen, Dächer und Oberlichter. Für den Schulgebrauch  
und die Baupraxis bearbeitet. Zweite verbesserte Auflage. Mit 833 Text-  
abbildungen und 18 Tabellen. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.

**Schöler, R., Die Statik und Festigkeitslehre des Hochbaues** einschliesslich  
der Theorie der Beton- und Betoneisenkonstruktionen. Für den Schulgebrauch  
und die Baupraxis bearbeitet. Mit 570 Textabbildungen, 13 zum Teil farbigen  
Tafeln und 15 Querschnittstabellen. Lex.-8. Geh. 5 Mark. Geb. 6 Mark.

**Schrader, L., Der Fluss- und Strombau** mit besonderer Berücksichtigung der  
Vorarbeiten. Mit 7 Foliotafeln. gr. 4. Geh. 3 Mark 75 Pfg.

**Schubert, A., Diemenschuppen und Feldscheunen**, ihre zweckmässige Kon-  
struktion, Ausführung und deren Kosten, für Landwirte und Techniker. Mit  
20 Textillustrationen und 8 Tafeln. gr. 8. Geh. 1 Mark 80 Pfg.

**Schubert, A., Kleine Stallbauten**, ihre Anlage, Einrichtung und Ausführung.  
Handbuch für Baugewerksmeister, Bautechniker und Landwirte. Mit 97 Text-  
figuren und 3 Kostenanschlägen. gr. 8. Geh. 2 Mark 50 Pfg.

**Schubert, A., Landwirtschaftliche Baukunde**. Ein Taschenbuch, enthaltend  
technische Notizen, sowie Tabellen und Kostenangaben zum unmittelbaren Ge-  
brauch beim Entwerfen und Veranschlagen der wichtigsten landwirtschaftlichen  
Bauten. Für Techniker, technische Schulen und Landwirte. Zweite verbesserte  
und vermehrte Auflage. 8. Geb. 1 Mark 80 Pfg.

**Scriba, E., Moderne Bautischlerarbeiten**. Eine Sammlung mustergültiger  
Entwürfe zum Ausbau der Innenräume im Stile der Neuzeit. 24 Tafeln mit  
erläuterndem Text. gr. 4. Geh. 6 Mark. Geb. 8 Mark.

**Seidel, Fr., Sprüche für Haus und Gerät**. 12. Geh. 2 Mark.

**Seyffarth, C. v., Modell der zeichnerischen Darstellung für ein freistehendes  
bürgerliches Einfamilienhaus**. Dargestellt durch Zeichnungen im Massstab  
1:100. Zum Gebrauche beim Unterrichte im Entwerfen und Veranschlagen  
an Baugewerk- und technischen Mittelschulen, sowie zum Privatstudium für  
Bauschüler. 15 farbige Tafeln mit erklärendem Text. gr. 4. In Mappe. 6 Mark.

**Tormin, R., Der Bauratgeber**. Ein alphabetisch geordnetes Nachschlagebuch  
für sämtliche Baugewerbe. Neubearbeitet von Professor Ernst Nöthling,  
Architekt und Oberlehrer an der Königl. Baugewerkschule zu Hildesheim. Mit  
206 Textabbildungen. Vierte bedeutend erweiterte Auflage von Tormins  
Bauschlüssel. Lex.-8. Geh. 7 Mark 50 Pfg. Geb. 9 Mark.

**Tormin, R., Kalk, Zement und Gips**, ihre Bereitung und Anwendung zu bau-  
lichen, gewerblichen und landwirtschaftlichen Zwecken, wie auch zu Kunst-  
gegenständen. Für Zement- und Kunststein-Fabrikanten, Techniker, Architekten,  
Maurermeister, Fabrikbesitzer usw. Vierte bedeutend erweiterte Auflage,  
bearbeitet von Professor Ernst Nöthling, Architekt. gr. 8. Geh. 3 Mark.

**Weichardt, C., Motive zu Garten-Architekturen**. Eingänge, Veranden, Brunnen,  
Pavillons, Bäder, Brücken, Ruheplätze, Voljeren usw. 25 Blatt, enthaltend  
20 Projekte und etwa 100 Skizzen in Randzeichnungen, nebst 6 Tafeln Details  
in natürlicher Grösse. Folio in Mappe. 12 Mark.

**Zimmermanns-Sprüche und Kranzreden**, die mustergültigsten, beim Richten neuer  
Gebäude, namentlich von bürgerlichen Wohn- und Wirtschaftsgebäuden, Kirchen,  
Türmen, Gerichtsgebäuden, Rathhäusern, Waisen-, Schul- und Pfarrhäusern,  
Hospitälern, Fabrikgebäuden usw. Neunte neu durchgesehene und vermehrte  
Auflage. 12. Geh. 2 Mark 25 Pfg.







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-349409**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297441